

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE GEOGRAFÍA E HISTORIA

Departamento de Geografía Humana



TESIS DOCTORAL

**Vulnerabilidad territorial y evaluación de daños
postcatástrofe: una aproximación desde la geografía
del riesgo**

TESIS DOCTORAL

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Mauricio Ruiz Pérez

Directores:

**Javier Gutiérrez Puebla
Miquel Grimalt Gelabert**

Madrid, 2011

ISBN: 978-84-694-6252-2

© Mauricio Ruiz Pérez, 2011

**Memoria de Tesis Doctoral para optar al grado de:
Doctor en Geografía**

Volumen I

**Vulnerabilidad territorial
y evaluación de daños postcatástrofe.
Una aproximación desde la geografía del riesgo**

Autor:

Mauricio Ruiz Pérez

Dirección:

Dr. Javier Gutiérrez Puebla

Dr. Miquel Grimalt Gelabert



**Facultad de Geografía e Historia
Departamento de Geografía Humana
Universidad Complutense
MADRID**

2011

Desastres naturales:

A veces:

Podríamos evitarlos..

Podríamos reducir sus efectos..

Siempre:

Debemos aprender de ellos ..

A mi familia....

Agradecimientos

Esta tesis no podría haberse realizado sin el apoyo de sus directores. Quiero agradecer especialmente la confianza, el apoyo incondicional, la transmisión del entusiasmo por la investigación geográfica, el asesoramiento científico continuo y la dedicación de Javier Gutiérrez Puebla. También agradezco a Miquel Grimalt su ayuda y complicidad en este proyecto científico.

Quiero agradecer a Jaume Luis Salas su ayuda en la valoración económica de las construcciones, así como a los participantes de los proyectos europeos QUATER y DAMAGE que han contribuido a mi orientación científica hacia el estudio de los riesgos territoriales.

Agradezco especialmente a mis compañeros de la Universidad de las Islas Baleares su apoyo en el plano personal para la realización de este trabajo. En especial quiero destacar el apoyo Antoni Bennàssar que ha velado para que este trabajo se haya finalizado.

Este trabajo no hubiera podido realizarse sin la dedicación incondicional de Ana, mi apreciada esposa que ha apoyado siempre mi proyecto personal y profesional. Y en cualquier caso, vaya mi mayor agradecimiento a mis hijos Maurici y Sofía, los cuales justifican y orientan siempre mi vida y esfuerzo.

Resumen

La tesis se centra en el estudio de vulnerabilidad territorial a los desastres naturales y en la evaluación de daños post-catástrofes. Ambas cuestiones son claves en la prevención de los riesgos naturales a los que la comunidad científica ha prestado tradicionalmente menor atención que al estudio propiamente de las amenazas naturales. La investigación realizada profundiza en el conocimiento de ambas temáticas estableciendo un marco teórico y metodológico que evidencia la necesidad de nuevas aportaciones. Se precisan enfoques que incorporen una visión holística del concepto de vulnerabilidad territorial hacia los peligros naturales, así como también, fomenten el desarrollo de métodos de evaluación de daños y pérdidas postcatástrofe que sean rápidos y flexibles que permitan utilizar el evento catastrófico, como un instrumento de aprendizaje y prevención. En este contexto, se propone una metodología novedosa para la evaluación de la vulnerabilidad territorial que integra varios componentes: la exposición territorial, la vulnerabilidad intrínseca y la vulnerabilidad social. El modelo propuesto, basado en el uso de un sistema de información geográfica combinado a instrumentos de simulación matemática proporciona una valoración cuantitativa de la vulnerabilidad territorial del espacio geográfico expresado en unidades económicas. La metodología establece que no existen valores absolutos de vulnerabilidad territorial incorporando siempre un factor de incertidumbre en sus componentes y por tanto en los resultados que proporciona, lo cual ayuda a dar mayor credibilidad a los resultados obtenidos. El modelo propuesto puede ser aplicado en cualquier ámbito geográfico, y se ha elegido la isla de Mallorca (Baleares, España) como lugar de ensayo. De esta forma se aplica el modelo de forma sistemática al territorio insular obteniendo una zonificación detallada de la distribución de la vulnerabilidad territorial a los desastres naturales. Los resultados reflejan las zonas que concentran mayor exposición a los peligros naturales, que a su vez concentran más valores territoriales y que también poseen una vulnerabilidad social más relevante. La utilización de los resultados obtenidos en los procesos de planificación y gestión de peligros naturales resulta muy significativa. La isla de Mallorca, concentra valores territoriales elevados en las zonas litorales y montañosas que comparten con peligros naturales significativos, lo cual aconseja una gestión del riesgo integral, en base al análisis de la amenaza, pero también a la integración de la vulnerabilidad. En último término, se propone un modelo de estimación de pérdidas postcatástrofe basado en el conocimiento previo de la vulnerabilidad territorial que evidencia su aplicabilidad en la gestión de los desastres y las emergencias en caso de siniestros singulares. Dicho modelo también se ensaya su utilización en la simulación de un incendio forestal en una zona de montaña, obteniendo una estimación aproximada de pérdidas que puede ayudar al desarrollo de medidas preventivas y a la reducción de los daños.

Abstract

This research focuses on the study of territorial vulnerability to natural disasters and disaster damage assessment. Both issues are essential in preventing natural hazards to which the scientific community has traditionally paid less attention than to the actual study of natural hazards. The conducted research explores in more detail both issues by establishing a theoretical and methodological framework that shows the need for new contributions in this area. New approaches with a holistic view of the concept of territorial vulnerability to natural hazards are needed. It is also necessary to encourage the development of fast, flexible, new methods to assess damage and losses post disaster that allow to use the catastrophic event as an instrument of learning and prevention. In this context, we propose a new methodology for the territorial vulnerability assessment that integrates several components: territorial exposure, inherent vulnerability and social vulnerability. The proposed model, based on the use of a geographical information system combined with mathematical simulation tools provides a quantitative assessment of regional vulnerability of geographic space expressed in economic units. The methodology states that there are no absolute territorial vulnerability data and adds a element of permanent uncertainty to its components and thus, to the results, which helps to give greater credibility. The proposed model can be applied in any geographical area, and has chosen the island of Mallorca (Balears, Spain) as a test site. In this way, the model is applied systematically to the island territory by obtaining a detailed zoning of territorial vulnerability to natural disasters. The results reflect the areas that pose the greatest exposure to natural hazards, which in turn account for more land value and also have a more relevant social vulnerability. Using the results of the planning and management of natural hazards is very significant. The island of Mallorca, concentrates high land values in coastal and mountainous areas which share significant natural hazards. This is why a comprehensive risk management, based on threat analysis, and the incorporation of vulnerability is recommended. In the end, we propose a model to estimate post-catastrophe losses based on prior knowledge of the territorial vulnerability which demonstrates its applicability in the management of disasters and emergencies in the event of unusual incidents. This model is also tested for use in the simulation of a wildfire in a mountain area, obtaining a rough estimate of losses that may help to develop preventive measures and reduce damage.

Estructura de la Memoria

Volumen I. Texto de la Memoria

Índice Contenidos

Índice de Figuras

Índice de Tablas

Volumen II. Anexo Cartográfico.

Índice de Mapas

Volumen III. Anexo Estadístico

Índice de tablas y documentación

CD-ROM

Soporte digital de la memoria

VOLUMEN I

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	47
1.1. SELECCIÓN DEL TEMA	55
1.2. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN Y OBJETIVOS	57
1.2.1. PROBLEMAS A RESOLVER	57
1.2.2. HIPÓTESIS	58
1.2.3. OBJETIVOS.....	58
1.3. ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACIÓN Y CONTENIDOS DE LA TESIS.	62
1.4. METODOLOGÍA Y FUENTES.....	65
1.4.1. ANÁLISIS DOCUMENTAL Y BIBLIOGRÁFICO	65
1.4.2. DESARROLLO DE METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD TERRITORIAL FRENTE A CATÁSTROFES NATURALES Y LA EVALUACIÓN DE DAÑOS	65
1.4.3. APLICACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DESARROLLADAS EN LAS ZONAS DE ESTUDIO	66
2. VULNERABILIDAD A PELIGROS NATURALES Y EVALUACIÓN DE DAÑOS POSTCATÁSTROFE	69
2.1. INTRODUCCIÓN.....	69
2.2. VULNERABILIDAD: DEFINICIÓN	78
2.2.1. VULNERABILIDAD, RESILIENCIA Y RIESGO	89
2.2.2. VULNERABILIDAD COMO COMPONENTE DEL RIESGO.....	91
2.3. MARCOS CONCEPTUALES DE LA VULNERABILIDAD FRENTE A DESASTRES NATURALES	97
2.4. METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	110
2.5. ATRIBUTOS E INDICADORES DE VULNERABILIDAD	125
2.6. TIPOS DE VULNERABILIDAD	135
2.6.1. VULNERABILIDAD SOCIAL.....	136
2.6.1.1. FACTORES DE LA VULNERABILIDAD SOCIAL.....	139
2.6.1.2. INDICADORES DE VULNERABILIDAD SOCIAL	151
2.6.2. VULNERABILIDAD DE LAS INFRAESTRUCTURAS	156
2.6.3. VULNERABILIDAD ECONÓMICA	159
2.6.4. VULNERABILIDAD AMBIENTAL.....	165
2.6.4.1. INDICADORES VULNERABILIDAD AMBIENTAL.....	168
2.6.4.2. VULNERABILIDAD Y SOSTENIBILIDAD	173
2.6.5. VULNERABILIDAD FRENTE A PELIGROS NATURALES	179
2.6.5.1. DESLIZAMIENTOS	184
2.6.5.2. INUNDACIONES	185
2.6.5.3. TERREMOTOS	190
2.6.5.4. VULNERABILIDAD A OTROS PELIGROS	193
2.6.6. VULNERABILIDAD TERRITORIAL	194
2.6.6.1. MITIGACIÓN DE LA VULNERABILIDAD TERRITORIAL: ORDENACIÓN DEL TERRITORIO	200
2.6.7. SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA Y VULNERABILIDAD	203
2.7. DESASTRES Y VULNERABILIDAD	206
2.7.1. INVENTARIOS DE DESASTRES PARA EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD Y LA EVALUACIÓN DE DAÑOS.	210
2.7.2. ÍNDICES DEL DESASTRE Y EVALUACIÓN DE DAÑOS.....	218
2.8. GESTIÓN DE RIESGO DE DESASTRES, VULNERABILIDAD	221
2.9. EVALUACIÓN DE DAÑOS POSTCATÁSTROFE (EDPC)	225

2.9.1. CLASIFICACIÓN DE DAÑOS Y PÉRDIDAS.....	231
2.9.2. EVALUACIÓN DE DAÑOS	235
2.9.3. EVALUACIÓN DE DAÑOS: METODOLOGÍAS Y EXPERIENCIAS	236
2.9.4. ESCALAS DE DAÑOS Y PELIGROS.....	245
2.9.5. DAÑOS SOBRE LAS COMPONENTES DEL TERRITORIO.....	249
2.9.5.1. DAÑOS SOBRE LA POBLACIÓN.....	249
2.9.5.2. VIVIENDAS.....	250
2.9.5.3. EQUIPAMIENTO EDUCATIVO	251
2.9.5.4. EQUIPAMIENTO SANITARIO	251
2.9.5.5. DAÑOS SOBRE INFRAESTRUCTURAS.....	252
2.9.5.7. DAÑOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE	257
2.9.5.8. DAÑOS SOBRE OTROS ELEMENTOS TERRITORIALES	258
2.9.6. DAÑOS Y PELIGROS.....	258
2.9.6.1. TERREMOTOS.....	258
2.9.6.2. INUNDACIONES	263
2.9.6.3. OTROS PELIGROS	268
2.9.7. RECONSTRUCCIÓN DEL DESASTRE	269
2.10. QUIÉN ES QUIÉN EN EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD Y LA EVALUACIÓN DE DAÑOS POSTCATÁSTROFE	272
2.12. GLOSARIOS SOBRE VULNERABILIDAD Y DAÑOS	277
2.13. TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD TERRITORIAL Y LA EVALUACIÓN DE DAÑOS POSTCATÁSTROFE.....	279
3. PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD TERRITORIAL	295
3.1. MARCO CONCEPTUAL Y METODOLOGÍA.....	297
3.2. VULNERABILIDAD TERRITORIAL. COMPONENTES	299
3.3. VULNERABILIDAD TERRITORIAL. ESCALA GEOGRÁFICA.....	302
3.4. ELEMENTOS TERRITORIALES	302
3.4.1. POBLACIÓN.....	303
3.4.2. INFRAESTRUCTURAS Y EQUIPAMIENTOS	304
3.4.3. USOS DEL TERRITORIO / ACTIVIDAD ECONÓMICA.....	307
3.4.4. MEDIO AMBIENTE NATURAL.....	309
3.5. VULNERABILIDAD TERRITORIAL INTEGRADA.....	312
3.6. TRATAMIENTO DE LA INCERTIDUMBRE	313
3.7. CÁLCULO DE LA EXPOSICIÓN TERRITORIAL	319
3.7.1. VALOR TERRITORIAL (VTE)	319
3.7.2. TERRITORIO EN PELIGRO (TP)	320
3.7.3. EXPOSICIÓN TERRITORIAL.....	321
3.7.4. CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD TERRITORIAL INTRÍNSECA.....	321
3.8. CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD SOCIAL	323
3.9. CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD TERRITORIAL INTEGRADA.....	324
3.10. LIMITACIONES DEL MODELO	325
4. ENSAYO METODOLÓGICO: VULNERABILIDAD TERRITORIAL INTEGRADA DE MALLORCA FRENTE A LOS PRINCIPALES PELIGROS NATURALES	327
4.1. METODOLOGÍA.....	327
4.2. ÁMBITO GEOGRÁFICO	332
4.3. VULNERABILIDAD POR EXPOSICIÓN	342
4.3.1. TERRITORIO EXPUESTO	344

4.3.1.1. TERRITORIO EXPUESTO PELIGRO DE INUNDACIÓN	344
4.3.1.2. TERRITORIO EXPUESTO PELIGRO DE DESLIZAMIENTO	350
4.3.1.3. TERRITORIO EXPUESTO PELIGRO DE INCENDIO FORESTAL	354
4.3.1.4. TERRITORIO EXPUESTO PELIGRO SÍSMICO	358
4.3.1.5. TERRITORIO EXPUESTO	360
4.3.1.6. EXPOSICIÓN TERRITORIAL Y NIVEL DE PELIGRO	368
4.3.2. EL VALOR TERRITORIAL	369
4.3.2.2. VALOR DE LAS INFRAESTRUCTURAS	383
4.3.2.3. VALORACIÓN OCUPACIÓN DEL SUELO	389
4.3.2.4. VALORACIÓN MEDIOAMBIENTAL	398
4.3.2.5. VALORACIÓN INTEGRADA	400
ÍNDICE DE SENSIBILIDAD TERRITORIAL	402
4.3.3. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD POR EXPOSICIÓN	410
4.4. VULNERABILIDAD INTRÍNSECA	429
4.5. VULNERABILIDAD SOCIAL	429
4.5.1. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SOCIAL	429
4.5.2. VULNERABILIDAD SOCIAL: RESULTADOS	440
4.6. VULNERABILIDAD TERRITORIAL INTEGRADA	449
 5. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE DAÑOS/PÉRDIDAS POSTCATÁSTROFE	 457
5.1. CASOS DE ESTUDIO. EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS POSTCATÁSTROFE.	467
 6. CONCLUSIONES	 481
7. REFERENCIAS CITADAS EN EL TEXTO	501
8. FUENTES DE INFORMACIÓN CONSULTADAS DE INTERNET	533
9. ANEXO DOCUMENTAL	545
9.1. LINEAS Y PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN EL ÁMBITO DEL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD TERRITORIAL Y LA EVALUACIÓN DE DAÑOS	545
9.2. INTRODUCCIÓN A LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD Y EVALUACIÓN DE DAÑOS POSTCATÁSTROFE	549
9.3. METODOLOGÍA DESARROLLADA PARA LA OBTENCIÓN DEL PELIGRO DE DESLIZAMIENTO DE LA ISLA DE MALLORCA	559
9.4. COMPONENTES DEL PAISAJE DE BALEARES Y PELIGROS NATURALES.....	561

VOLUMEN I.

INDICE FIGURAS

FIGURA 1.1. FRECUENCIA DE LOS DISTINTOS TIPOS DE DESASTRES.....	50
FUENTE : (SCHEUREN, LE POLAIN DE WAROUX, ET AL., 2008), PP. 16	
FIGURA 1.2. ESQUEMA OPERATIVO DE LA INVESTIGACIÓN	63
FIGURA 1.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS APLICADAS	68
FIGURA 2.1. CICLO DE LA GESTIÓN DE LOS RIESGOS.	
FUENTE: AUSTRALIAN DEVELOPMENT GATEWAY. <i>SUSTAINABLE DEVELOPMENT THROUGH SHARING KNOWLEDGE</i> . AUSTRALIAN	
HTTP://WWW.DCA.STATE.FL.US/FDCP/DCP/PDRP/DISASTER%20RISK%20MANAGEMENT%20CYCLE.PDF	69
FIGURA 2.2. . DAÑOS DERIVADOS DE DESASTRES NATURALES.....	77
FUENTE : 2007 DISASTERS IN NUMBERS. ISDR-CRED	
HTTP://WWW.UNISDR.ORG/ENG/MEDIA-ROOM/FACTS-SHEETS/2007-DISASTERS-IN-NUMBERS-ISDR-CRED.PDF	
FIGURA 2.3. ARTÍCULOS PUBLICADOS CON REFERENCIA A LOS CONCEPTOS DE RESILIENCIA VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN DESDE 1977 A 2004.	79
FUENTE : (JANSSEN, SCHOON, ET AL. , 2006, PP. 243)	
FIGURA 2.4. ESFERAS DE LA VULNERABILIDAD	88
(BIRKMAN, 2005)	
FIGURA 2.5. ESFERAS DE LA VULNERABILIDAD)	90
FUENTE: (GALLOPIN 2006, PP. 301	
FIGURA 2.6. LA PIRÁMIDE DEL RIESGO.....	97
FUENTE : (DWYER, ZOPPOU, ET AL., 2004, PP.3). MODIFICADO DE (CRICHTON, 1999)	
FIGURA 2.7. ENFOQUES TRADICIONALES DEL ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD	98
FUENTE : (ADGER, 2006)	
FIGURA 2.8. MODELO WATTS & BOHLE DE VULNERABILIDAD.....	99
FUENTE : (WATTS & BOHLE, 1993)	
FIGURA 2.9. MATRIZ DE CAPACIDADES Y VULNERABILIDADES	101
FUENTE : (ANDERSON & WOODROW, 1998, PP12)	
FIGURA 2.10. MODELO PRESIÓN-LIBERACIÓN. PAR MODEL.....	102
FUENTE : (WISNER, BLAIKIE, ET AL., 2004)(ISDR. NACIONES UNIDAS, 2004)	
FIGURA 2.11. BBC VULNERABILITY CONCEPTUAL FRAMEWORK	103
(BIRKMANN & FERNANDO, 2007)	
FIGURA 2.12. RESPUESTA SOCIAL A LAS INUNDACIONES. (THE “ONION” MODEL OF VULNERABILITY)	104
FUENTE : (BOGARDI & BIRKMANN, 2004)	
FIGURA 2.13. MARCO DE ACCIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE RIESGO DE DESASTRES	105
FUENTE : (ISDR. NACIONES UNIDAS, 2004) PP. 15	
FIGURA 2.14. COMPONENTES DE LA VULNERABILIDAD	106
FUENTE: (TURNER, KASPERSON, ET AL., 2003)	
FIGURA 2.15. ANÁLISIS HOLÍSTICO DEL RIESGO: FACTORES DE VULNERABILIDAD	107
FUENTE : (CARREÑO, CARDONA, ET AL., 2004)	

FIGURA 2.16. DIMENSIONES VULNERABILIDAD	108
FUENTE: (VILLAGRAN DE LEON, 2006)	
FIGURA 2.17. EL MODELO DE VULNERABILIDAD “HAZARDS-OF-PLACE”	109
FUENTE : (CUTTER, BORUFF, ET AL., 2003)	
FIGURA 2.18. FASES EN LA INVESTIGACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	106
FUENTE : (POLSKY, SCHROTER, ET AL., 2003)	
FIGURA 2.19. CRITERIOS DE ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD DE LA POBLACIÓN DE LOS BARRIOS DE QUITO	116
FUENTE : (D'ERCOLE & METZGER, 2004, PP. 243)	
FIGURA 2.20. LAS DIMENSIONES DE LA VULNERABILIDAD TERRITORIAL	117
FUENTE : (D'ERCOLE & METZGER ,2004, PP. 9)	
FIGURA 2.21. FASES EN LA EVALUACIÓN DEL RIESGO	118
FUENTE : (DWYER, ZOPPOU, ET AL. , 2004)	
FIGURA 2.22. RELACIÓN DE ACTIVIDADES A REALIZAR EN UNA VCA	120
FUENTE : (UNDP & SPDRP, 1998, PP.12)	
FIGURA 2.23. FASES DEL CICLO DE PLANIFICACIÓN DEL DESASTRE. INCLUYE SEIS FASES.(1) INICIO DE LA PLANIFICACIÓN DEL DESASTRE (2) VCA (3) DEFINICIÓN DE NIVELES DE RIESGO ACEPTABLES. FASE POLÍTICA EN LA CUAL SE TOMAN DECISIONES ACERCA DEL NIVEL DE PROTECCIÓN DEL PLAN. (4). PROCESO DE PLANIFICACIÓN INCLUYE ELEMENTOS ESTRUCTURALES (FÍSICOS) Y NO ESTRUCTURALES (SOCIALES/ADMINISTRATIVOS). (5) IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN. (6). FEEDBACK	121
FUENTE : (DAVIS, HAGHEBAERT, ET AL., 2004)	
FIGURA 2.24. FACTORES DE ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD	124
FUENTE : VULNERABILITY ASSESSMENT TUTORIAL (HTTP://WWW.CSC.NOAA.GOV/PRODUCTS/NCHAZ/HTM/METHOV.HTM	
FIGURA 2.25. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	125
FUENTE : (FUSSEL & KLEIN, 2006)	
FIGURA 2.26. COMPONENTES DE LA VULNERABILIDAD	127
FUENTE: (EISNER, 2005)	
FIGURA 2.27. EVOLUCIÓN DE LOS PARADIGMAS DE POBREZA HUMANA Y LA GESTIÓN DE RIESGOS (YODMANI, 2001 , PP.3.)	145
FIGURA 2.28. MARCO CONCEPTUAL DE UN MODELO DEL COMPORTAMIENTO DE LA POBLACIÓN FRENTE A LA EVACUACIÓN	150
FUENTE : (SLOBODAN & AHMAD, 2005)	
FIGURA 2.29. REPRESENTACIÓN DE LOS DISTINTOS FACTORES QUE CONDICIONAN LA VULNERABILIDAD SOCIAL	153
FUENTE : (DWYER, ZOPPOU, ET AL. , 2004)	
FIGURA 2.30 INDICADORES DE VULNERABILIDAD SOCIAL. NIVELES SOCIALES. PARÁMETROS. INDICADORES	154
Fuente: (SCHNEIDERBAUER & EHRLICH, 2006)	
FIGURA 2.31. ÍNDICE DE DESARROLLO HUMANO	156
FUENTE: HTTP://HDR.UNDP.ORG/ES/ [CONSULTA 10.10.2009]	
FIGURA 2.31. NIVEL CURVA KUZNETS' DE U INVERTIDA RELACIONANDO EL DESARROLLO ECONOMIC Y LA VULNERABILIDAD A LOS DESASTRES	156
FUENTE: ODI Briefing Paper, Noviembre 2005. http://www.odi.org.uk/resources/download/1946.pdf [CONSULTA 10.10.2009]	

FIGURA 2.32. CURVA KUZNETS' DE U INVERTIDA RELACIONANDO EL DESARROLLO ECONÓMICO Y LA VULNERABILIDAD A LOS DESASTRES.....	159
FUENTE: ODI BRIEFING PAPER, NOVIEMBRE 2005. HTTP://WWW.ODI.ORG.UK/RESOURCES/DOWNLOAD/1946.PDF	
FIGURA 2.33. ELEMENTOS CLAVE DE LA VULNERABILIDAD ECONÓMICA.....	163
FUENTE: (LIOU AND DING 2004)	
FIGURA 2.34. TRES DIMENSIONES DE LA VULNERABILIDAD. EL CENTRO DEL EJE X, INDICA UNA SITUACIÓN SIN IMPACTOS. EL IMPACTO VARÍA A LO LARGO DEL PLANO DE LA INTENSIDAD (WILSON, PRESSEY, ET AL. , 2005)	167
FIGURA 2.35. TIPOLOGÍAS DE VULNERABILIDAD AMBIENTAL.....	167
(VILLA & MCLEOD, 2002)	
FIGURA 2.36. ENVIRONMENTAL VULNERABILITY INDEX (ROJO : PAISES VULNERABLES, VERDE : PAISES RESILIENTES)	163
FUENTE : (KALY, PRATT, ET AL. , 2004)	
FIGURA 2.37. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD AMBIENTAL. LA REFERENCIA DD SEÑALA EXPOSICIÓN A DESASTRES NATURALES	169
FUENTE : HTTP://WWW.VULNERABILITYINDEX.NET/IMAGES/SUMMARY-INDICATOR-LIST.GIF	
FIGURA 2.38. MODELO DE CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD ECO-AMBIENTAL	172
FUENTE : (LI, WANG, ET AL. , 2006)	
FIGURA 2.39. HUEVO DEL DESARROLLO SOSTENIBLE.....	177
FUENTE: (BUSCH-LUTY, 1995)	
FIGURA 2.40. RELACIONES ENTRE PELIGRO, VULNERABILIDAD, RIESGO Y CONCEPTOS ASOCIADOS FUENTE : (ALEXANDER , 2002, PP. 29).....	180
FIGURA 2.41. CLASIFICACIÓN DE LOS PELIGROS O AMENAZAS	181
FUENTE : (ISDR. NACIONES UNIDAS, 2004, PP.43.)	
FIGURA 2.42. CURVA DE DAÑOS DE INUNDACIÓN.....	175
FUENTE : (EMA, 2002)	
FIGURA 2.43. CURVA DE DAÑOS DE HURACÁN	182
FUENTE : (HAZUS, 2003)	
FIGURA 2.44. MATRIZ DE VULNERABILIDAD DE EDIFICIOS A LOS DESLIZAMIENTOS.....	185
FUENTE : (DAI, LEE, ET AL. , 2002) A PARTIR DE (LEONE, ASTE, ET AL., 1996)	
FIGURA 2.45. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	187
(BARROCA, BERNARDARA, ET AL., 2006)	
FIGURA 2.46. INDICADORES UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FRENTE A INUNDACIONES.....	190
FUENTE : (MESSNER & MEYER, 2005, PP.4)	
FIGURA 2.47. INDICADORES UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FRENTE TERREMOTOS	191
FUENTE : (DAVIDSON ,1997, PP.4.)	
FIGURA 2.48. APROXIMACIONES AL CONCEPTO DE VULNERABILIDAD DESDE EL PUNTO DE VISTA ESPACIAL Y DE PODER.....	196
FUENTE : (FINDLAY, 2005)	
FIGURA 2.49. ENCADENAMIENTO POSITIVO DE PROCESOS DE INFORMACIÓN, REACCIÓN Y DESARROLLO PARA LA REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y POTENCIACIÓN DEL DESARROLLO SOSTENIBLE.....	201
FUENTE : (UN/ CEPAL, 2004)	

FIGURA 2.50. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA	204
FUENTE : (SUBCOMMITTEE ON NATURAL DISASTER REDUCTION. 2000)	
FIGURA 2.51. SISTEMA ALERTA TEMPRANA PARA CICLONES TROPICALES. NIVELES DE ALERTA	205
FUENTE : (SECRETARIA DE GOBERNACIÓN. PROTECCIÓN CIVIL MEXICO, 2006)	
FIGURA 2.52. CLASIFICACIÓN DESASTRES NATURALES	208
FUENTE : (SHALUF, 2007)	
FIGURA 2.53. TIPOS DE DESASTRES NATURALES	209
FUENTE : (SCHEUREN, LE POLAIN DE WAROUX, ET AL., 2008, PP.4)	
FIGURA 2.54. DESASTRES EN EUROPA OCCIDENTAL DE 2000 A 2008 POR TIPOLOGÍA	212
FUENTE : HTTP://WWW.EMDAT.BE/DATABASE/ADVANCESEARCH/EMDAT_CHOOSER.PHP	
FIGURA 2.55. BASE DE DATOS DESINVENTAR. DETALLE FICHA DE DESASTRES HISTÓRICOS EN ECUADOR	213
FUENTE : HTTP://ONLINE.DESINVENTAR.ORG/ [10.09.2008]	
FIGURA 2.55. BASE DE DATOS DESINVENTAR. DETALLE FICHA DE DESASTRES HISTÓRICOS EN ECUADOR	213
FIGURA 2.56. DESASTRES NATURALES 2007.	216
FUENTE : NATCATSERVICE	
FIGURA 2.57. ANÁLISIS HOLÍSTICO DEL RIESGO: FACTORES DE VULNERABILIDAD	219
FUENTE : (CARDONA , 2007)	
FIGURA 2.58. ÍNDICE DE DESASTRES LOCALES	220
FUENTE : (CARDONA ,2007)	
FIGURA 2.59. CICLO DE LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRE	222
FUENTE : (ORCHESTRA EXECUTIVE BOARD , 2005, PP. 13)	
FIGURA 2.60. ESTRATEGIAS PARA LA MITIGACIÓN DE RIESGOS	223
FUENTE : AYALA CARCEDO (AYALA CARCEDO, 2000)	
FIGURA 2.61. ESQUEMA OPERATIVO DEL PROYECTO CITIES	224
(GRANGER, JONES, ET AL. , 1999)	
FIGURA 2.62. DISTRIBUCIÓN DE VÍCTIMAS DE DESASTRES EN EL AÑO 2007	225
FUENTE : (SCHEUREN, LE POLAIN DE WAROUX, ET AL. , 2008, PP.122)	
FIGURA 2.63. DISTRIBUCIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE LOS DESASTRES EN EL AÑO 2007	226
FUENTE : (SCHEUREN, LE POLAIN DE WAROUX, ET AL., 2008, PP. 125)	
FIGURA 2.64. EPISODIOS Y ACTIVIDADES EN RELACIÓN A LOS RIESGOS Y OCURRENCIAS DE DESASTRES SÚBITOS	230
FUENTE : (PNUD. UNDR0, 1991, PP.9)	
FIGURA 2.65. TIPOS DE DAÑOS PROVOCADOS POR INUNDACIONES	233
FUENTE : (MERZ, 2006)	
FIGURA 2.66. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE EVALUACIÓN POSTCATÁSTROFE	231
FUENTE : (PNUD. UNDR0, 1991, PP.44)	
FIGURA 2.67. MODELO OPERATIVO DE LA METODOLOGÍA HAZUS PARA EVALUACIÓN DE DAÑOS PRODUCIDO POR INUNDACIONES	239
FUENTE: (FEMA, 2003)	
FIGURA 2.68. FUNCIONES DE DAÑO POR TIPOLOGÍA DE EDIFICIO	242
FUENTE: (FEMA, 2003, PP. 6-4)	
FIGURA 2.69. ENFOQUES DEL PROCESO DE EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS POSTCATÁSTROFE	244

FUENTE : (EMA, 2002)

FIGURA 2.70. ESCALA DE MERCALI (MODIFICADA EN 1931 POR HARRY O. WOOD Y FRANK NEUMAN) 246
FUENTE : [HTTP://WWW.DIGESA.MINSA.GOB.PE/DESASTRE/IMG/ESCALA_MERCALLI.JPG](http://www.digesa.minsa.gob.pe/desastre/img/escala_mercalli.jpg)

FIGURA 2.71. ESCALA DE BEAUFORT 246
FUENTE: ([HTTP://ES.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ESCALA_DE_BEAUFORT](http://es.wikipedia.org/wiki/Escala_de_Beaufort) [VISITADO 12.10.2008])

FIGURA 2.72. ESCALA DE HURACANES DE SAFFIR-SIMPSON 247
FUENTE: ([HTTP://ES.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ESCALA_DE_HURACANES_DE_SAFFIR-SIMPSON](http://es.wikipedia.org/wiki/Escala_de_Huracanes_de_Saffir-Simpson) [VISITADO 12.10.2008])

FIGURA 2.73.. MODELO DE EVALUACIÓN DE VÍCTIMAS A CAUSA UNA INUNDACIÓN..... 250
FUENTE: (MINISTERIE VAN VERKEEN EN WATERSTAAT, 2005)

FIGURA 2.74. IMPACTO DE LOS DESASTRES SOBRE INFRAESTRUCTURAS SANITARIAS 252
FUENTE : (PAHO, 2003)

FIGURA 2.75. IMPACTOS ECONÓMICOS DE UN DESASTRE 255
FUENTE : (EMA, 2002)

FIGURA 2.76.. DAÑO REAL, MODELO CONSTRUCTIVO, DAÑOS SIMULADOS 259
FUENTE : (SCHWEIER, MARKUS, ET AL., 2004)

FIGURA. 2.77. PATRONES DE DAÑOS PROVOCADOS POR UN MOVIMIENTO SÍSMICO SOBRE LAS CONSTRUCCIONES 260
FUENTE : (OKADA & TAKAI, 1999)

FIGURA. 2.78. PATRONES DE DAÑOS PROVOCADOS POR UN MOVIMIENTO SÍSMICO SOBRE LAS CONSTRUCCIONES 260
FUENTE : (OKADA & TAKAI, 1999)

FIGURA 2.79. ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS PROVOCADAS POR TERREMOTOS 262
FUENTE : (CHEN, CHEN, ET AL. , 1997)

FIGURA 2.80. ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS PROVOCADAS POR TERREMOTOS A PARTIR DEL PRODUCTO INTERIOR BRUTO 262
FUENTE : (CHEN, CHEN, ET AL., 1997)

FIGURA 2.81. CURVAS DE VULNERABILIDAD PROMEDIO PARA TIPOLOGÍAS DE MONUMENTOS Y DESCRIPCIÓN DE SUS DAÑOS..... 263
FUENTE: (ROCA, IRIZARRY, ET AL. , 2006)

FIGURA 2.82. DAÑOS PROVOCADOS POR LAS INUNDACIONES 264
FUENTE : VAN DER VEEN (VAN DER VEEN & LOGTMEIJER, 2005)

FIGURA 2.83. % DE DAÑOS EN FUNCIÓN DEL TIPO DE EDIFICIO 266
FUENTE : (SAMUELS, 2005, PP. 4)

FIGURA 2.84. CURVA DE DAÑOS/VELOCIDAD DEL VIENTO PARA DISTINTOS TIPOS DE VIVIENDAS FUENTE : (KHANDURI & MORROW, 2003) 268

FIGURA 2.85. FACTORES DE LA VULNERABILIDAD. 271
FUENTE: (VARGAS, 2002)

FIGURA 2.86. EVALUACIÓN DE DAÑOS POR INUNDACIÓN 284
FUENTE : (MINISTERIE VAN VERKEEN EN WATERSTAAT, 2005, PP.25)

FIGURA 2.87. MODELO DE EVALUACIÓN DE RIESGOS MEDIANTE SIG 287
FUENTE : (CHEN, BLONG, ET AL. , 2003)

FIGURA 2.88. DIAGRAMA DE EVALUACIÓN DE LA ZONA INUNDADA Y LAS ZONAS DAÑADAS POR LA INUNDACIÓN 289

(ZHANG, ZHOU, ET AL. , 2002)

FIGURA 2.89. SISTEMA SIG DE PREDICCIÓN DE INUNDACIONES..... 290
SOURCE (BILLA, MANSOR, ET AL., 2004)

FIGURA 3.1. GRÁFICO DISTRIBUCIÓN ESTADÍSTICA NORMAL..... 314
Fuente: (Manual @Risk . <http://www.palisade.com/> [Consulta 10.08.2008])

FIGURA 3.2. GRÁFICO DISTRIBUCIÓN ESTADÍSTICA BETA..... 315
Fuente: (Manual @Risk . <http://www.palisade.com/> [Consulta 10.08.2008])

FIGURA 3.3. GRÁFICO DISTRIBUCIÓN ESTADÍSTICA TRIANGULAR..... 317
Fuente: (Manual @Risk . <http://www.palisade.com/> [Consulta 10.08.2008])

FIGURA 4.1. PROCESO DE OBTENCIÓN DEL VALOR DE TERRITORIO EXPUESTO DE LAS UNIDADES GEOGRÁFICAS..... 327

FIGURA 4.2. CÁLCULO TERRITORIO EXPUESTO 328

FIGURA 4.3. CÁLCULO DEL VALOR TERRITORIAL INTEGRADO 328

FIGURA 4.4. FACTORES IMPLICADOS EN EL CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD POR EXPOSICIÓN 329

FIGURA 4.5. CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD SOCIAL 330

FIGURA 4.6. VULNERABILIDAD TERRITORIAL INTEGRADA..... 330

FIGURA 4.7. LOCALIZACIÓN DE LA ISLA DE MALLORCA EN EL MEDITERRÁNEO..... 332

FIGURA 4.8. TOPOGRAFÍA DE MALLORCA 333

FIGURA 4.9. PRECIPITACIÓN ANUAL MEDIA 333
FUENTE: MIQUEL GRIMALT, ATLES DE LES ILLES BALEAR, GOVERN DE LES ILLES BALEAR. 1998)

FIGURA 4.10. TEMPERATURAS ANUALES MEDIAS..... 334
FUENTE: MIQUEL GRIMALT, ATLES DE LES ILLES BALEAR, GOVERN DE LES ILLES BALEAR. 1998)

FIGURA 4.11. LITOLOGIA DE MALLORCA 335
FUENTE: (GELABERT , B. 1996)

FIGURA 4.12. RED FLUVIOTORRENCIAL Y ZONAS HÚMEDAS DE MALLORCA..... 335
FUENTE: (MIQUEL GRIMALT, ATLES DE LES ILLES BALEAR, GOVERN DE LES ILLES BALEAR. 1998)

FIGURA 4.13. VEGETACIÓN CLIMÁTICA DE MALLORCA / OCUPACIÓN DEL SUELO CORINE LAND COVER..... 336
FUENTE: (CORINE LAND COVER, 2000)

FIGURA 4.14. RED DE TRANSPORTES DE MALLORCA..... 329

FIGURA 4.15 . N° EVOLUCIÓN DEL NÚMERO VIAJEROS A MALLORCA..... 338
FUENTE: INSTITUT D'ESTADÍSTICA DE LES ILLES BALEAR (IBESTAT) A PARTIR DE DATOS DEL INE. 2010

FIGURA 4.16. RETÍCULAS 5 X 5 KM. (SERIE CARTOGRÁFICA 1)..... 343

FIGURA 4.17. RETÍCULA 1 X 1 KM. (SERIE CARTOGRÁFICA 2)..... 343

FIGURA 4.18. PELIGRO DE INUNDACIÓN..... 345
(ANEXO CARTOGRÁFICO: MAPA 5)

FIGURA 4.19. MAPAS DE EXPOSICIÓN AL PELIGRO DE INUNDACIÓN : NIVEL MUNICIPAL, RETÍCULAS 5X5 KM. , RETÍCULAS 1X1 KM..... 346

(ANEXO CARTOGRAFICO: MAPAS 6,,7,8)

FIGURA 4.20. TERRITORIO EXPUESTO AL PELIGRO DE INUNDACIÓN.....	348
FIGURA 4.21. EXPOSICIÓN TERRITORIAL PELIGRO INUNDACIÓN. FRECUENCIAS.....	349
FIGURA 4.22. EXPOSICIÓN PELIGRO DE DESLIZAMIENTO.....	350
(ANEXO CARTOGRAFICO: MAPA 9)	
FIGURA 4.23. PENDIENTES DE LA ISLA DE MALLORCA (PORCENTAJE).....	351
FIGURA 4.24. MAPAS DE EXPOSICIÓN PELIGRO DE DESLIZAMIENTO.....	351
(ANEXO CARTOGRAFICO: MAPAS 10, 11, 12)	
FIGURA 4.25. EXPOSICIÓN TERRITORIAL PELIGRO DESLIZAMIENTO. DISTRIBUCIÓN MUNICIPAL	353
FIGURA 4.26. EXPOSICIÓN TERRITORIAL PELIGRO DE DESLIZAMIENTO . FRECUENCIAS.....	353
FIGURA 4.27. EXPOSICIÓN PELIGRO DE INCENDIO	355
(ANEXO CARTOGRAFICO: MAPA 13)	
FIGURA 4.28. MAPAS DE EXPOSICIÓN PELIGRO DE DESLIZAMIENTO.....	356
(ANEXO CARTOGRAFICO: MAPAS 14,15,16)	
FIGURA 4.29. EXPOSICIÓN TERRITORIAL PELIGRO INCENDIO. DISTRIBUCIÓN MUNICIPAL.	357
FIGURA 4.30. EXPOSICIÓN TERRITORIAL PELIGRO DE INCENDIO FORESTAL. FRECUENCIAS.....	358
FIGURA 4.31. ZONAS SISMOTECTÓNICAS DE BALEARES	359
FUENTE : (GOVERN DE LES ILLES BALEARS, GEOBAL, 2005)	
FIGURA 4.32. EXPOSICIÓN PELIGRO DE SÍSMICO (CAIB, 2005)	360
FIGURA 4.33. TERRITORIO EXPUESTO A PELIGROS NATURALES	361
FIGURA 4.34. PELIGRO INTEGRADO A NIVEL MUNICIPAL.....	362
FIGURA 4.35. TERRITORIO EXPUESTO. SUMATORIO PORCENTAJES MUNICIPALES	364
FIGURA 4.36. EXPOSICIÓN INTEGRADA	364
FIGURA 4.37. TERRITORIO EXPUESTO POR MUNICIPIO. GRÁFICO.	365
FIGURA 4.38. ESTADÍSTICOS DE RETÍCULAS 5X5 KM.	366
FIGURA 4.39. ESTADÍSTICOS DE RETÍCULAS 1X1 KM.	366
FIGURA 4.40. INDICE EXPOSICIÓN PELIGROS NATURALES.....	367
(ANEXO CARTOGRAFICO: MAPAS 22,23)	
FIGURA 4.41. MAPAS DE EXPOSICIÓN INTEGRADA	368
(ANEXO CARTOGRAFICO: MAPA 24)	
FIGURA 4.42. POBLACIÓN SECCIONES CENSALES 2008.....	370
(ANEXO CARTOGRAFICO: MAPA 25)	
FIGURA 4.43. POBLACIÓN DISTRITOS CENSALES 2008	371
(ANEXO CARTOGRAFICO: MAPAS 26,27,28)	
FIGURA 4.44. RESULTADOS SIMULACIÓN. COEFICIENTE VARIACIÓN (MAX-MIN)/MED	374
FIGURA 4.45. VALOR POBLACIÓN MUNICIPAL.....	377
FIGURA 4.46. SIMULACIÓN VALOR POBLACIÓN MUNICIPIO DE CALVIÀ.....	377

FIGURA 4.47. EDIFICACIONES Y DISTRITOS CENSALES	378
(ANEXO CARTOGRAFICO: MAPA 29)	
FIGURA 4.48. DETALLE POBLACIÓN DISTRITOS CENSALES ALCUDIA. ASÍGNADA LAS CONSTRUCCIONES	379
(ANEXO CARTOGRAFICO: MAPA 30)	
FIGURA 4.49. ZONAS AFECTADAS POR EL PLAN ORDENACIÓN OFERTA TURÍSTICA	380
FIGURA 4.50. DETALLE DE LA POBLACIÓN DISTRITOS CENSALES ASIGNADA A LAS CONSTRUCCIONES. ALCUDIA	380
(ANEXO CARTOGRAFICO: MAPA 31)	
FIGURA 4.51. DISTRIBUCIÓN POBLACIÓN 2008 5X5/1X1, DISTRIBUCIÓN PLAZAS TURÍSTICAS 5X5/1X1, DISTRIBUCIÓN POBLACIÓN RESIDENTE VINCULADA Y TURÍSTICA 5X5/1X1	381
(ANEXO CARTOGRAFICO: MAPAS 32,33, 34, 35, 36, 37)	
FIGURA 4.52. VALOR TERRITORIAL DERIVADO DE LA POBLACIÓN	381
(ANEXO CARTOGRAFICO: MAPAS 38, 39, 40)	
FIGURA 4.53. INFRAESTRUCTURAS Y EQUIPAMIENTOS MUNICIPALES	385
(ANEXO CARTOGRAFICO: MAPA 41)	
FIGURA 4.54. VALOR TERRITORIAL DERIVADO DE LAS INFRAESTRUCTURAS Y EQUIPAMIENTOS	387
(ANEXO CARTOGRAFICO: MAPAS 42, 43, 44)	
FIGURA 4.55. VALOR DE LAS INFRAESTRUCTURAS A NIVEL MUNICIPAL (MILLONES DE EUROS)	388
FIGURA 4.56. VALOR TERRITORIAL DERIVADO DE LAS CONSTRUCCIONES	392
(ANEXO CARTOGRAFICO: MAPAS 45, 46, 47)	
FIGURA 4.57. VALOR CONSTRUCCIONES EN MILLONES DE EUROS . (ROSA: DISEMINADAS, AZUL: URBANA, AMARILLO TOTAL)	392
FIGURA 4.58. VARIABILIDAD DEL VALOR CONSTRUCCIONES EN MILLONES DE EUROS	392
FIGURA 4.59. VALOR TERRITORIAL SUELO RÚSTICO. (VALOR BÁSICO SUELO RÚSTICO, COEFICIENTE TIPO DE CULTIVO, COEFICIENTE CLASIFICACIÓN TERRITORIAL, COEFICIENTE ACCESO, COEFICIENTE ENTORNO)	395
(ANEXO CARTOGRAFICO: MAPAS 48, 49, 50, 51, 52)	
FIGURA 4.60. VALOR TERRITORIAL SUELO RÚSTICO	396
(ANEXO CARTOGRAFICO: MAPAS 53, 54, 55)	
FIGURA 4.61. VALOR MUNICIPAL SUELO RÚSTICO (MILLONES DE EUROS)	397
FIGURA 4.62. VALOR TERRITORIAL DEL MEDIO NATURAL	398
(ANEXO CARTOGRAFICO: MAPAS 56,57,58)	
FIGURA 4.63. VALOR MUNICIPAL MEDIO NATURAL (MILLONES DE EUROS)	400
FIGURA 4.64. VALOR TERRITORIAL INTEGRADO	401
(ANEXO CARTOGRAFICO: MAPAS 59,60, 61)	
FIGURA 4.65 ÍNDICE DE SENSIBILIDAD TERRITORIAL	406
(ANEXO CARTOGRAFICO: MAPAS 62,63,64)	
FIGURA 4.66. VALOR TERRITORIAL INTEGRADO. (MILLONES DE EUROS)	407
FIGURA 4.67. VALOR MUNICIPAL SUELO RÚSTICO. (MILLONES DE EUROS)	407
FIGURA 4.68. VALOR DEL SUELO RÚSTICO Y VALOR ECONÓMICO MEDIOAMBIENTE (MILLONES DE EUROS)	408

FIGURA 4.69. EXPOSICIÓN TERRITORIAL DE LOS MUNICIPIOS DE MALLORCA	415
FIGURA 4.70. EXPOSICIÓN TERRITORIAL A NIVEL MUNICIPAL.....	416
(ANEXO CARTOGRAFICO: MAPA 65)	
FIGURA 4.71. EXPOSICIÓN TERRITORIAL. VALOR INTEGRADO / TERRITORIO EXPUESTO PELIGRO INUNDACIÓN. MILLONES DE EUROS	416
FIGURA 4.72. EXPOSICIÓN TERRITORIAL. VALOR INTEGRADO / TERRITORIO EXPUESTO PELIGRO DESLIZAMIENTO. MILLONES DE EUROS.....	417
FIGURA 4.73. EXPOSICIÓN TERRITORIAL. VALOR INTEGRADO / TERRITORIO EXPUESTO PELIGRO INCENDIO. MILLONES DE EUROS	417
FIGURA 4.74. S4, EXPOSICIÓN TERRITORIAL. VALOR INTEGRADO / TERRITORIO EXPUESTO PELIGRO SÍSMICO.....	418
FIGURA 4.75. EXPOSICIÓN TERRITORIAL. VULNERABILIDAD ACUMULADA A TODOS LOS PELIGROS.....	418
FIGURA 4.76. EXPOSICIÓN TERRITORIAL. VULNERABILIDAD POR EXPOSICIÓN ACUMULADA: INUNDACIÓN, PELIGROS SÍSMICO. MILLONES DE EUROS.	419
FIGURA 4.77. EXPOSICIÓN INUNDACIÓN.	420
FIGURA 4.78. EXPOSICIÓN DESLIZAMIENTO.....	420
FIGURA 4.79. EXPOSICIÓN INCENDIO FORESTAL	421
FIGURA 4.80. EXPOSICIÓN TERRITORIAL	424
(ANEXO CARTOGRAFICO: MAPAS 65, 66, 67)	
FIGURA 4.81. EXPOSICIÓN DE LA POBLACIÓN A LOS PELIGROS TERRITORIALES CONSIDERADOS	424
(ANEXO CARTOGRAFICO: MAPAS 68, 69, 70)	
FIGURA 4.82. EXPOSICIÓN DE LA POBLACION	425
FIGURA 4.83. EXPOSICIÓN INCENDIO FORESTAL	425
(ANEXO CARTOGRAFICO: MAPAS 71, 72, 73)	
FIGURA 4.84. EXPOSICIÓN INFRAESTRUCTURAS	425
FIGURA 4.85. EXPOSICIÓN CONSTRUCCIONES	426
(ANEXO CARTOGRAFICO: MAPAS 74, 75, 76)	
FIGURA 4.86. EXPOSICIÓN CONSTRUCCIONES	426
FIGURA 4.87. EXPOSICIÓN INCENDIO FORESTAL	427
(ANEXO CARTOGRAFICO: MAPAS 77, 78, 79)	
FIGURA 4.88. EXPOSICIÓN SUELO RÚSTICO.....	427
FIGURA 4.89. EXPOSICIÓN INCENDIO FORESTAL	427
(ANEXO CARTOGRAFICO: MAPAS 80, 81, 82)	
FIGURA 4.90. EXPOSICIÓN MEDIO NATURAL.....	428
FIGURA 4.91. VARIABLES CONSIDERADAS EN EL CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD SOCIAL.....	440
(ANEXO CARTOGRAFICO: MAPAS 83, 84, 85, 86)	
FIGURA 4.92. DISTRIBUCIÓN DE LA VULNERABILIDAD SOCIAL EN LOS MUNICIPIOS DE MALLORCA.	442

FIGURA 4.93.	442
(ANEXO CARTOGRAFICO: MAPA 92)	
FIGURA 4.94. VARIABLES CONSIDERADAS EN EL CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD SOCIAL	443
FIGURA 4.95. VULNERABILIDAD SOCIAL MÁXIMA Y MÍNIMA	443
(ANEXO CARTOGRAFICO: MAPAS 91,93)	
FIGURA 4.96. PESO DEL FACTOR DEMOGRÁFICO	444
FIGURA 4.97. PESO DEL FACTOR SOCIAL	445
FIGURA 4.98. PESO DEL FACTOR ECONÓMICO	448
FIGURA 4.99. PESO DEL FACTOR INFRAESTRUCTURAS	446
FIGURA 4.100. VALOR ECONÓMICO (MILLONES EUROS) / VULNERABILIDAD SOCIAL MEDIA (%) ..	448
FIGURA 4.101. MAPAS DE VULNERABILIDAD TERRITORIAL INTEGRADA MEDIA, Y VULNERABILIDAD TERRITORIAL INTEGRADA NORMALIZADA CON VALOR TERRITORIAL ...	451
(ANEXO CARTOGRAFICO: MAPAS 94,95,96,97,98,99)	
FIGURA 4.102.VULNERABILIDAD TERRITORIAL INTEGRADA NIVEL MUNICIPAL	454
FIGURA 4.103. VULNERABILIDAD TERRITORIAL INTEGRADA / VALOR TERRITORIAL MEDIO	455
FIGURA 5.1. PREGUNTAS A LAS QUE DEBE RESPONDER EL ANÁLISIS DE DAÑOS. PRECATÁSTROFE.	459
FIGURA 5.2. PREGUNTAS A LAS QUE DEBE RESPONDER EL ANÁLISIS DE DAÑOS. POSTCATÁSTROFE.	459
FIGURA 5.3. ATRIBUTOS DE LA CATÁSTROFE Y ELEMENTOS DAÑADOS	460
FIGURA 5.4. EL DIAGNÓSTICO EVENTO CATASTRÓFICO DEBE INCORPORAR EL CHEQUEO DE LA VULNERABILIDAD	460
FIGURA 5.5. PREGUNTAS A LAS QUE DEBE RESPONDER EL ANÁLISIS DE DAÑOS. POSTCATÁSTROFE.	461
FIGURA 5.6. PREGUNTAS A LAS QUE DEBE RESPONDER EL ANÁLISIS DE DAÑOS. POSTCATÁSTROFE.	461
FIGURA 5.7. PREGUNTAS A LAS QUE DEBE RESPONDER EL ANÁLISIS DE DAÑOS. POSTCATÁSTROFE.	462
FIGURA 5.8. PREGUNTAS A LAS QUE DEBE RESPONDER EL ANÁLISIS DE DAÑOS. POSTCATÁSTROFE.	462
FIGURA 5.9. SIGNIFICACIÓN DE LA EVALUACIÓN DE DAÑOS.	463
FIGURA 5.10. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA SINIESTRADA	467
FIGURA 5.11. RETÍCULAS DE 1X1 KM. AFECTADAS POR EL SINIESTRO	468
FIGURA 5.12. VALOR ECONÓMICO DE CADA RETÍCULA AFECTADA.	468
FIGURA 5.13. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL VALOR ECONÓMICO DE LA POBLACIÓN POTENCIALMENTE AFECTADA POR EL DESASTRE	469
FIGURA 5.14. POBLACIÓN POTENCIALMENTE AFECTADA POR EL DESASTRE	469
FIGURA 5.15. VALOR ECONÓMICO DE LA POBLACIÓN POTENCIALMENTE AFECTADA POR EL DESASTRE	470

FIGURA 5.16. VALOR ECONÓMICO DE LAS INFRAESTRUCTURAS POTENCIALMENTE AFECTADA POR EL DESASTRE	470
FIGURA 5.17. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL VALOR ECONÓMICO DE LA POBLACIÓN POTENCIALMENTE AFECTADA POR EL DESASTRE	471
FIGURA 5.18. VALOR ECONÓMICO DE LAS CONSTRUCCIONES EN SUELO URBANO POTENCIALMENTE AFECTADA POR EL DESASTRE	471
FIGURA 5.19. VALOR ECONÓMICO DE LAS CONSTRUCCIONES EN SUELO RÚSTICO POTENCIALMENTE AFECTADA POR EL DESASTRE	472
FIGURA 5.20. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL VALOR ECONÓMICO DE LAS CONSTRUCCIONES POTENCIALMENTE AFECTADAS POR EL DESASTRE	472
FIGURA 5.21. VALOR ECONÓMICO DEL SUELO RÚSTICO POTENCIALMENTE AFECTADO POR EL DESASTRE	473
FIGURA 5.22. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL VALOR ECONÓMICO SUELO RÚSTICO POTENCIALMENTE AFECTADO POR EL DESASTRE	473
FIGURA 5.23. VALOR ECONÓMICO DEL MEDIO NATURAL POTENCIALMENTE AFECTADO POR EL DESASTRE	474
FIGURA 5.24. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL VALOR ECONÓMICO DEL MEDIO NATURAL POTENCIALMENTE AFECTADO POR EL DESASTRE	474
FIGURA 5.25. ÍNDICE DE SENSIBILIDAD TERRITORIAL DE CADA RETÍCULA. (1: POBLACIÓN, 2: INFRAESTRUCTURAS, 3. CONSTRUCCIONES. 4. SUELO RÚSTICO, 5. MEDIO NATURAL).....	475
FIGURA 5.26. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL VALOR ECONÓMICO TOTAL DE CADA RETÍCULA POTENCIALMENTE AFECTADA POR EL DESASTRE	475
FIGURA 5.27. FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE LAS PÉRDIDAS POTENCIALES EN LA ZONA SINIESTRADA.....	478
FIGURA 5.28. FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE LAS PÉRDIDAS POTENCIALES EN LA ZONA SINIESTRADA.....	479
FIGURA 5.29. DETALLE MODELO AYUDA A LA DECISIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS POSTCATÁSTROFE	470
FIGURA 9.1. CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, PUNTO DE CONVERGENCIA DE DIVERSAS DISCIPLINAS CIENTÍFICAS RELACIONADAS CON EL USO DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.	553
FIGURA 9.2. PARADIGMA DEL USO DE LAS CIENCIAS DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN SU APLICACIÓN AL ESTUDIO DE LOS PELIGROS Y EL DESASTRE.	553
FUENTE : (ESRI, 2000, PP.2.)	
FIGURA 9.3. TAMAÑO RELATIVO DE LAS ISLAS DEL ARCHIPIÉLAGO BALEAR	562
FIGURA 9.4. FRAGMENTACIÓN / DENSIDAD RED VIARIA.....	569
FIGURA 9.5. CONDICIONES DE VISIBILIDAD.....	573
FIGURA 9.6. DIVERSIDAD PAISAJE BALEARES ÁREAS NATURALES Y AGRÍCOLAS	575

VOLUMEN I.

INDICE TABLAS

TABLA 2.1.. AGENDA INTERNACIONAL PARA LA REDUCCIÓN DE DESASTRES.....	75
TABLA 2.2. DEFINICIONES DE VULNERABILIDAD	82
TABLA 2.3. ENFOQUES DEL ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD	85
FUENTE : (MCENTIRE, 2005)	85
TABLA 2.4. ENFOQUES DEL ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD	87
FUENTE: (FERNANDEZ GARRIDO 2006) PP. 63	
TABLA 2.5. RELACIÓN DE PESOS ASIGNADOS A CADA FACTOR EN FUNCIÓN DEL TIPO DE PELIGRO EVALUADO.....	115
FUENTE : (PEDUZZI, DAO, ET AL., 2001, PP. 56)	
TABLA 2.6. CÁLCULO DEL RIESGO DE INUNDACIÓN A PARTIR DE DATOS ESTIMADOS DE VULNERABILIDAD	115
FUENTE : (PEDUZZI, DAO, ET AL. , 2001, PP. 56)	
TABLA 2.7. NIVELES DE IMPACTO	118
FUENTE: (FERRIER & EMDAD HAQUE, 2003)	
TABLA 2.8. VALORACIÓN IMPACTO SOCIAL CATÁSTROFES.....	119
FUENTE : (FERRIER & EMDAD HAQUE, 2003)	
TABLA 2.9. VALORACIÓN IMPACTO SOCIAL CATÁSTROFES	119
FUENTE : (FERRIER & EMDAD HAQUE, 2003)	
TABLA 2.10. FASES DEL PROCESO DE UNA VCA	120
FUENTE : (RED CROSS INTERNATIONAL, 2007, PP 21.)	
TABLA 2.11. FACTORES DE VULNERABILIDAD Y CAPACIDAD	122
FUENTE : (DAVIS, HAGHEBAERT, ET AL., 2004, PP17)	
TABLA 2.12. INDICADORES SOCIOECONÓMICOS DE VULNERABILIDAD.....	130
FUENTE : (PEDUZZI, DAO, ET AL. , 2001, PP. 51)	
TABLA 2.13. INDICADORES VULNERABILIDAD TAUBENBOCK.....	133
FUENTE : (TAUBENBOCK, POST, ET AL. ,2008)	
TABLA 2.14. PROPUESTA INDICADORES VULNERABILIDAD PROYECTO ESPON HAZARDS PROJECT FUENTE : (KUMPULAINEN, 2006).....	134
TABLA 2.15. INDICADORES DE RESILIENCIA	135
FUENTE : (HANDMER, 2003)	
TABLA 2.16. INDICADORES DE RESILIENCIA	138
FUENTE : (HANDMER, 2003)	
TABLA 2.17. MUERTES Y PERDIDOS POR GRUPOS DE EDAD EN EL TSUNAMI DE DICIEMBRE 2004 EN BATTICALOA	140
FUENTE : (BIRKMANN & FERNANDO, 2007)	
TABLA 2.18. ACTIVIDADES A DESARROLLAR POR LA POBLACIÓN EN CASO DE EVENTO CATASTRÓFICO.....	142
FUENTE : (ABARQUEZ & MURSHED, 2004 , PP.120)	
TABLA 2.19. ACTIVIDADES A DESARROLLAR POR LA POBLACIÓN EN CASO DE EVENTO CATASTRÓFICO.....	143
FUENTE : (ABARQUEZ & MURSHED, 2004, PP.120)	

TABLA 2.20. FACTORES CONSIDERADOS	148
FUENTE : (ARMAS, 2006)	
TABLA 2.21. VARIABLES A INCORPORAR A UN INVENTARIO DE VULNERABILIDAD SOCIAL	155
FUENTE : (HEARN MORROW, 1999)	
TABLA 2.22. VARIABLES A INCORPORAR A UN INVENTARIO DE VULNERABILIDAD	155
FUENTE: (BOLLIN & HIDAJAT, 2006)	
TABLA 2.23. INDICADORES DE EXCLUSIÓN SOCIAL	156
FUENTE : (HTTP://WWW.SOBREVULNERABLES.ES/ [VISITADO 15.09.2008])	
TABLA 2.24. COMPONENTES DE LA VULNERABILIDAD AMBIENTAL EN LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.....	172
FUENTE : (KVAERNER, SWENSEN, ET AL. , 2006)	
TABLA 2.25.. PRINCIPALES ELEMENTOS VULNERABLES A DIVERSOS PELIGROS.....	185
Fuente : {COBURN, SSPENCE, et al. 1994 #3520}	
TABLA 2.26.. VULNERABILIDAD DE LA POBLACIÓN A DESLIZAMIENTOS.....	185
FUENTE : (DAI, LEE, ET AL. , 2002) A PARTIR DE (FINLAY, 1996)	
TABLA 2.27. VALOR DE LOS EDIFICIOS EN EL PERIODO DE RETORNO 0-100 AÑOS EN LA CUENCA DE INUNDACIÓN (VALORACIÓN DOLARES 1997)	188
(ROY, ROUSSELLE, ET AL. , 2003)	
TABLA 2.28. IMPACTO DE LAS INUNDACIONES SOBRE LA VULNERABILIDAD	189
FUENTE : (GAO, NICKUM, ET AL., 2007)	
TABLA 2.29. PONDERACIÓN FACTORES DE VULNERABILIDAD	189
FUENTE : (GAO, NICKUM, ET AL., 2007)	
TABLA 2.30. ÍNDICES DE VULNERABILIDAD PARA LAS CLASES ESTRUCTURALES DE BARCELONA Y POR TIPOLOGÍA DE MONUMENTOS	193
FUENTE : (ROCA, IRIZARRY, ET AL. ,2006 , PP. 7.)	
TABLA 2.31. ASPECTOS DE LA VULNERABILIDAD DE LA BAHÍA DE NÁPOLES	194
FUENTE: (CHESTER, DIBBEN, ET AL. , 2002)	
TABLA 2.32. CLASIFICACIÓN DE DESASTRES	208
FUENTE : (GREEN III & MCGINNIS, 2002)	
TABLA 2.33. BASE DE DATOS NEDIES. FICHA DE INUNDACIÓN EN GALES. UK	215
FUENTE : HTTP://NEDIES.JRC.IT/INDEX.ASP?RESULT=2&ID_DISASTER=275&IDM=33 [12.09.2008]	
TABLA 2.34. GRADO EXPOSICIÓN DE LAS PERSONAS Y PERFIL DE LOS PAÍSES AFECTADOS.	220
FUENTE : (PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (PNUD), 2004).	
TABLA 2.35. DISASTER RISK INDEX PARA ESPAÑA.....	221
FUENTE : (PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (PNUD), 2004)	
TABLA 2.36. TIPO DE PÉRDIDAS DERIVADAS DE UN DESASTRE	221
FUENTE: {COBURN, SSPENCE, ET AL. 1994 #3520}	
TABLA 2.37. TIPOLOGÍAS DE OCUPACIÓN DE EQUIPAMIENTOS ESENCIALES	242
FUENTE: (FEMA 2003, PP. 6-3)	
TABLA 2.38.. TIPOS DE EDIFICIOS DE EQUIPAMIENTOS ESENCIALES.....	242
FUENTE: (FEMA , 2003, PP. 6-4)	
TABLA 2.39. ELEMENTOS BÁSICOS A CONSIDERAR POR LOS TRES ENFOQUES DE EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS	243
FUENTE : (EMA, 2002, PP. 42)	

TABLA 2.40. DAÑOS SOBRE LA VIVIENDA PRODUCIDOS POR EL HURACÁN MITCH EN EL SALVADOR	250
FUENTE : (UN/ CEPAL, 2004)	
TABLA 2.41 . EFECTOS DE LOS DESASTRES SOBRE LAS INFRAESTRUCTURAS	253
FUENTE : (CUNY, 1983)	
TABLA 2.42. REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN PARA DAR APOYO A LAS FUNCIONES DE EMERGENCIA	254
FUENTE : (OZISIK, 2004)	
TABLA. 2.43. MÉTODOS DE EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PÉRDIDAS INTANGIBLES	257
FUENTE : (EMA, 2002)	
TABLA 2.44. PÉRDIDA DE VIDAS HUMANAS EN RELACIÓN AL ÍNDICE DE DAÑO	261
FUENTE : (HENGJIAN, KOHIYAMA, ET AL. , 2003)	
TABLA 2.45. VALOR DE LOS EDIFICIOS EN EL PERIODO DE RETORNO 0-100 AÑOS EN LA CUENCA DE INUNDACIÓN (VALORACIÓN DÓLARES 1997)	264
(ROY, ROUSSELLE, ET AL. , 2003)	
TABLA 2.46.. CATEGORÍA DE DAÑOS CONSIDERADOS EN U.K.	266
FUENTE : (SAMUELS, 2005 , PP. 4)	
TABLA 2.47. % DE DAÑOS EN FUNCIÓN DEL TIPO DE USO	267
FUENTE : (SAMUELS, 2005)	
TABLA 2.48. EVOLUCIÓN CRONOLÓGICA 1950/200 DE LAS PÉRDIDAS POTENCIALES POR AVALANCHA EN LA REGIÓN ALPINA DE GALTUR (AUSTRIA) . TOTAL DE EUROS EXPUESTOS. TOTAL DE USOS EXPUESTOS.	269
(KEILER, 2004)	
TABLA 2.49. PROYECTOS DESARROLLADOS POR EL CONSORCIO PROVENTION	276
RELACIONADOS CON LA VULNERABILIDAD Y LA EVALUACIÓN DE DAÑOS POSTCATÁSTROFE ...	276
FUENTE : HTTP://WWW.PROVENTIONCONSORTIUM.ORG/?PAGEID=35	
TABLA 3.1. VALORACIÓN ECONÓMICA INFRAESTRUCTURAS.	305
TABLA 3.2. TABLAS DE VALORACIÓN ECONÓMICA DE INFRAESTRUCTURAS: RED VIARIA, AEROPUERTOS, DEPURADORAS	306
FUENTE: (FEMA, 2003)	
TABLA 3.3.. TABLAS DE VALORACIÓN ECONÓMICA DE INFRAESTRUCTURAS	307
FUENTE: (SAMUELS, 2005)	
TABLA 3.4. VALORACIÓN USOS DEL SUELO	308
TABLA 3.5. TABLAS DE VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS USOS DEL SUELO	
FUENTE: (SAMUELS, 2005)	
TABLA 3.6. VALORACIÓN ECONÓMICA MEDIO NATURAL	311
FUENTE : (BRENNER GUILLERMO, 2007)	
TABLA 4.1. POBLACIÓN DE HECHO DE LOS PRINCIPALES MUNICIPIOS DE MALLORCA. (FUENTE IBESTAT 2010)	337
TABLA 4.2. NÚMERO DE INMIGRACIONES Y EMIGRACIONES 2009. (FUENTE IBESTAT 2010).	338
TABLA 4.3. NÚMERO PASAJEROS PRINCIPALES AEROPUERTOS ESPAÑOLES	339
FUENTE : INFORME ESTADÍSTICA ANUAL 2009. HTTP://WWW.AENA.ES	
TABLA 4.4. DEBILIDADES Y FORTALEZAS DEL PLANEAMIENTO URBANÍSTICO DE MALLORCA ..	340
FUENTE. HTTP://WWW.CONSELLDEMALLORCA.NET/PLATERRITORIAL/MEMORIACAST/01.PDF	

TABLA 4.5. TERRITORIO EXPUESTO PELIGRO DE INUNDACIÓN. NIVEL MUNICIPAL.	347
TABLA 4.6. ESTADÍSTICOS PELIGRO DE INUNDACIÓN A NIVEL MUNICIPAL.	348
TABLA 4.7. ESTADÍSTICOS EXPOSICIÓN AL PELIGRO DE DESLIZAMIENTOS A NIVEL MUNICIPAL.	352
TABLA 4.8. TERRITORIO EXPUESTO PELIGRO DE DESLIZAMIENTOS. NIVEL MUNICIPAL.	353
TABLA 4.9. OCUPACIÓN DEL SUELO EN LA ISLA DE MALLORCA.	355
FUENTE: CORINE LAND COVER 2000	
TABLA 4.10. TERRITORIO EXPUESTO PELIGRO DE INCENDIOS. NIVEL MUNICIPAL.	357
TABLA 4.11. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS SUPERFICIE MUNICIPAL EXPUESTA AL PELIGRO DE INCENDIOS.	357
TABLA 4.12. CORRELACIÓN ENTRE LA EXPOSICIÓN A LOS PELIGROS NATURALES.	362
TABLA 4.13. TERRITORIO EXPUESTO.	364
TABLA 4.14. ESTADÍSTICOS DE RETÍCULAS 5X5 KM.	365
TABLA 4.15. ESTADÍSTICOS DE RETÍCULAS 1X1 KM.	366
TABLA 4.16. ESTADÍSTICOS DE RETÍCULAS 1X1 KM (2)	366
TABLA 4.17. ESTADÍSTICOS DE RETÍCULAS 1X1 KM.	366
TABLA 4.18. POBLACIÓN MUNICIPAL: RESIDENTE, VINCULADA Y TURÍSTICA	366
TABLA 4.19. RESULTADOS SIMULACIÓN POBLACIÓN MUNICIPAL	374
TABLA 4.20. SIMULACIÓN VALOR MUNICIPAL DERIVADO DE LA POBLACIÓN.	376
TABLA 4.21. FUNCIÓN ESTADÍSTICA PARA EL CÁLCULO DEL VALOR ECONÓMICO DE CADA EQUIPAMIENTO/INFRAESTRUCTURA.	386
TABLA 4.22. RESULTADOS SIMULACIÓN. COEFICIENTE VARIACIÓN (MAX-MIN)/MED	386
TABLA 4.23. RESULTADOS SIMULACIÓN RETÍCULAS 5X5 KM.. VALOR INFRAESTRUCTURAS.	387
TABLA 4.24. VALOR TERRITORIAL DERIVADO DE LAS CONSTRUCCIONES.	391
TABLA 4.25. VALOR BÁSICO. PRECIO POR HECTÁREA.	394
TABLA 4.26. VALOR BÁSICO. PRECIO POR HECTÁREA.	394
TABLA 4.27. VALOR BÁSICO. PRECIO POR HECTÁREA.	395
TABLA 4.28. COEFICIENTE DE ENTORNO	396
TABLA 4.29. VALOR POR HECTÁREA. (MILES DE EUROS).	399
TABLA 4.30. VALOR MUNICIPAL INTEGRADO (MILLONES DE EUROS)	402
TABLA 4.31. INDICE SENSIBILIDAD TERRITORIAL	405
TABLA 4.32. CORRELACIÓN ENTRE EL VALOR DE LOS FACTORES TERRITORIALES: POBLACIÓN, INFRAESTRUCTURAS, EDIFICACIÓN, SUELO RÚSTICO, MEDIO AMBIENTE. NIVEL MUNICIPAL.	408

TABLA 4.33. CORRELACIÓN ENTRE EL VALOR DE LOS FACTORES TERRITORIALES: POBLACIÓN, INFRAESTRUCTURAS, EDIFICACIÓN, SUELO RÚSTICO, MEDIO AMBIENTE. NIVEL RETÍCULA 5X5 KM.	409
TABLA 4.34. CORRELACIÓN ENTRE EL VALOR DE LOS FACTORES TERRITORIALES: POBLACIÓN, INFRAESTRUCTURAS, EDIFICACIÓN, SUELO RÚSTICO, MEDIO AMBIENTE. NIVEL RETÍCULA 1X1 KM.	409
TABLA 4.35 VULNERABILIDAD POR EXPOSICIÓN.....	411
TABLA 4.36. EXPOSICIÓN INTEGRADA. NIVEL MUNICIPAL.....	413
TABLA 4.37. VALOR BÁSICO. PRECIO POR HECTÁREA.	414
TABLAS 4.38, NIVEL DE EXPOSICIÓN (MILLONES DE EUROS). ORDENACIÓN DE MUNICIPIOS EN FUNCIÓN DEL GRADO DE EXPOSICIÓN A DISTINTOS PELIGROS.	422
TABLA 4.39. MUNICIPIOS POR NIVEL DE EXPOSICIÓN.....	423
TABLA 4.40.VARIABLES CONSIDERADAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SOCIAL DE LA ISLA DE MALLORCA.....	435
TABLA 4.41. PONDERACIÓN FACTORES DE LA VULNERABILIDAD SOCIAL	437
TABLA 4.42 42 PESOS MEDIOS FACTORES, SUBFACTORES, INDICADORES DE VULNERABILIDAD SOCIAL	439
TABLA 4.43. SIMULACIÓN VULNERABILIDAD SOCIAL A NIVEL MUNICIPAL	441
TABLA 4.44. VULNERABILIDAD TERRITORIAL INTEGRADA. NIVEL MUNICIPAL.	453
TABLA 5.1. MATRIZ DE EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS POTENCIALES	465
TABLA 5.2. MODELO DE SIMULACIÓN EN LA EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS.....	466
TABLA 5.3. RESULTADO SIMULACIÓN DE PÉRDIDAS POSTSINIESTRO	476
TABLA 5.4. PÉRDIDAS ESTIMADAS SOBRE CADA FACTOR TERRITORIAL.....	476

VOLUMEN II . ANEXO CARTOGRAFICO

INDICE DE MAPAS

MAPA 1 . LOCALIZACIÓN ISLA DE MALLORCA	5
MAPA 2 . TÉRMINOS MUNICIPALES DE MALLORCA	6
MAPA 3 . MALLA RETÍCULAS 5 X 5 KM.	7
MAPA 4 . MALLA RETÍCULAS 1 X 1 KM.	8
MAPA 5 . TERRITORIO EXPUESTO AL PELIGRO DE INUNDACIÓN.....	9
MAPA 6 . TERRITORIO EXPUESTO AL PELIGRO DE INUNDACIÓN. MUNICIPIOS.....	10
MAPA 7 . TERRITORIO EXPUESTO AL PELIGRO DE INUNDACIÓN. RETÍCULA 5X5 KM.	11
MAPA 8. TERRITORIO EXPUESTO AL PELIGRO DE INUNDACIÓN. RETÍCULA 1X1 KM.	12
MAPA 9 .TERRITORIO EXPUESTO AL PELIGRO DESLIZAMIENTO	13
MAPA 10 . TERRITORIO EXPUESTO AL PELIGRO DESLIZAMIENTO. MUNICIPIOS.	14
MAPA 11. TERRITORIO EXPUESTO AL PELIGRO DESLIZAMIENTO. RETÍCULA 5X5 KM.....	15
MAPA 12 . TERRITORIO EXPUESTO AL PELIGRO DESLIZAMIENTO. RETÍCULA 1 X 1 KM.....	16
MAPA 13. TERRITORIO EXPUESTO AL PELIGRO DE INCENDIO.	17
MAPA 14. TERRITORIO EXPUESTO AL PELIGRO DE INCENDIO. MUNICIPIOS.....	18
MAPA 15. TERRITORIO EXPUESTO AL PELIGRO DE INCENDIO. RETÍCULA 5 X 5 KM.	19
MAPA 16. TERRITORIO EXPUESTO AL PELIGRO DE INCENDIO. RETÍCULA 1 X 1 KM.	20
MAPA 17. TERRITORIO EXPUESTO AL PELIGRO SÍSMICO. MUNICIPAL	21
MAPA 18. TERRITORIO EXPUESTO A PELIGROS NATURALES: INUNDACIÓN, DESLIZAMIENTOS, INCENDIO. SÍSMICO	22
MAPA 19 .EXPOSICIÓN INTEGRADA A PELIGROS NATURALES. MUNICIPIOS.....	23
MAPA 20 .EXPOSICIÓN INTEGRADA A PELIGROS NATURALES. RETÍCULAS 5X5 KM.	24
MAPA 21 .EXPOSICIÓN INTEGRADA A PELIGROS NATURALES. RETÍCULAS 1X1 KM.	25
MAPA 22 .ÍNDICE EXPOSICIÓN A PELIGROS NATURALES. RETÍCULA 5 X 5 KM.	26
MAPA 23 .ÍNDICE EXPOSICIÓN A PELIGROS NATURALES. RETÍCULA 1 X 1 KM.	27
MAPA 24 . PELIGROS NATURALES INTEGRADOS.	28
MAPA 25 . POBLACIÓN SECCIONES CENSALES	29
MAPA 26 . POBLACIÓN EIEL/PADRÓN 2005.....	30
MAPA 27 . POBLACIÓN NUCLEOS URBANOS. EIEL 2005.....	31
MAPA 28 . PLAZAS HOTELERAS 2005.	32
MAPA 29 . EDIFICACIONES, DISTRITOS CENSALES, NUCLEOS POBLACIÓN EIEL	33
MAPA 30. DETALLE CONSTRUCCIONES/POBLACIÓN ASOCIADA DISTRITOS CENSALES	34
MAPA 31 . DETALLE POBLACIÓN TOTAL (HECHO, VINCULADA, TURÍSTICA) ASIGNADA A LAS CONSTRUCCIONES.....	35
MAPA 32 . DISTRIBUCIÓN POBLACIÓN HECHO. RETÍCULA 5 Z 5 KM.....	36
MAPA 33. DISTRIBUCIÓN PLAZAS TURÍSTICAS. RETÍCULA 5 Z 5 KM.	37
MAPA 34. DISTRIBUCIÓN POBLACIÓN HECHO, VINCULADA Y TURÍSTICA. RETÍCULA 5 Z 5 KM.	38
MAPA 35. DISTRIBUCIÓN POBLACIÓN HECHO. RETÍCULA 1 X 1 KM.	39
MAPA 36 . DISTRIBUCIÓN PLAZAS TURÍSTICAS. RETÍCULA 1 X 1 KM.....	40
MAPA 37. DISTRIBUCIÓN POBLACIÓN HECHO, VINCULADA, TURÍSTICA . RETÍCULA 1 X 1 KM.	41
MAPA 38. VALOR TERRITORIAL DERIVADO DE LA POBLACIÓN. MUNICIPIOS.....	42
MAPA 39 . VALOR TERRITORIAL DERIVADO DE LA POBLACIÓN. RETÍCULA 5 X 5 KM.	43
MAPA 40 . VALOR TERRITORIAL DERIVADO DE LA POBLACIÓN. RETÍCULA 1 X 1 KM.	44
MAPA 41. INFRAESTRUCTURAS TERRITORIALES.....	45
MAPA 42. VALOR INFRAESTRUCTURAS TERRITORIALES. MUNICIPIOS.....	46
MAPA 43. VALOR INFRAESTRUCTURAS TERRITORIALES. RETÍCULA 5 X 5 KM.	47
MAPA 44 . VALOR INFRAESTRUCTURAS TERRITORIALES. RETÍCULA 1 X 1 KM.	48
MAPA 45 . VALOR CONSTRUCCIONES. MUNICIPAL	49
MAPA 46 . VALOR CONSTRUCCIONES. RETÍCULA 5X5 KM.	50
MAPA 47. VALOR CONSTRUCCIONES. RETÍCULA 1X1 KM.	51
MAPA 48 . VALOR BÁSICO SUELO RÚSTICO.	52

MAPA 49. COEFICIENTE POR TIPO DE CULTIVO. VC	53
MAPA 50 . COEFICIENTE CLASIFICACIÓN TERRITORIAL.....	54
MAPA 51 . COEFICIENTE DE ACCESO.....	55
MAPA 52 . COEFICIENTE DE ENTORNO.....	56
MAPA 53. VALOR TERRITORIAL ZONA RÚSTICA. MUNICIPAL.....	57
MAPA 54 . VALOR TERRITORIAL ZONA RÚSTICA. RETÍCULAS 5 X 5 KM.....	58
MAPA 55 . VALOR TERRITORIAL ZONA RÚSTICA. RETÍCULAS 1 X 1 KM.....	59
MAPA 56. VALOR TERRITORIAL ZONA NATURAL. MUNICIPIOS.....	60
MAPA 57. VALOR TERRITORIAL ZONA NATURAL. GRID 5 X 5 KM.....	61
MAPA 58 . VALOR TERRITORIAL ZONA NATURAL. GRID 1 X 1 KM.....	62
MAPA 59 . VALOR TERRITORIAL INTEGRADO. MUNICIPIOS.	63
MAPA 60 . VALOR TERRITORIAL INTEGRADO. GRID 5 X 5 KM.....	64
MAPA 61 . VALOR TERRITORIAL INTEGRADO. GRID 1 X 1 KM.....	65
MAPA 62 . ÍNDICE SENSIBILIDAD TERRITORIAL. MUNICIPIOS.	66
MAPA 63. ÍNDICE SENSIBILIDAD TERRITORIAL. RETÍCULA 5 X 5 KM.....	67
MAPA 64 . ÍNDICE SENSIBILIDAD TERRITORIAL. RETÍCULA 1 X 1 KM.....	68
MAPA 65. EXPOSICIÓN TERRITORIAL A PELIGROS NATURALES. MUNICIPIOS.	69
MAPA 66. EXPOSICIÓN TERRITORIAL A PELIGROS NATURALES. RETÍCULA 5 X 5 KM.....	70
MAPA 67 . EXPOSICIÓN TERRITORIAL A PELIGROS NATURALES. RETÍCULA 1 X 1 KM.....	71
MAPA 68. EXPOSICIÓN DE LA POBLACIÓN AL PELIGRO DE INUNDACIÓN. RETÍCULA 1 X 1 KM.	72
MAPA 69 . EXPOSICIÓN DE LA POBLACIÓN AL PELIGRO DE DESLIZAMIENTO. RETÍCULA 1 X 1 KM.....	73
MAPA70 . EXPOSICIÓN DE LA POBLACIÓN AL PELIGRO DE INCENDIO FORESTAL. RETÍCULA 1 X 1 KM.	74
MAPA 71. EXPOSICIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS AL PELIGRO DE INUNDACIÓN. RETÍCULA 1 X 1 KM.	75
MAPA 72 . EXPOSICIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS AL PELIGRO DE DESLIZAMIENTOS. RETÍCULA 1 X 1 KM.	76
MAPA 73. EXPOSICIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS AL PELIGRO DE INCENDIO FORESTAL. RETÍCULA 1 X 1 KM.	77
MAPA 74 . EXPOSICIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES AL PELIGRO DE INUNDACIÓN. RETÍCULA 1 X 1 KM.	78
MAPA 75 . EXPOSICIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES AL PELIGRO DE DESLIZAMIENTO. RETÍCULA 1 X 1 KM.	79
MAPA 76 . EXPOSICIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES AL PELIGRO DE INCENDIO. RETÍCULA 1 X 1 KM.....	80
MAPA 77 . EXPOSICIÓN DEL SUELO RÚSTICO AL PELIGRO DE INUNDACIÓN. RETÍCULA 1 X 1 KM.....	81
MAPA 78 . EXPOSICIÓN DEL SUELO RÚSTICO A LOS DESLIZAMIENTOS. RETÍCULA 1 X 1 KM.	82
MAPA 79 . EXPOSICIÓN DEL SUELO RÚSTICO A LOS INCENDIOS FORESTALES. RETÍCULA 1 X 1 KM.....	83
MAPA 80. EXPOSICIÓN DEL MEDIO NATURAL AL PELIGRO DE INUNDACIÓN. RETÍCULA 1 X 1 KM.....	84
MAPA 81 . EXPOSICIÓN DEL MEDIO NATURAL AL PELIGRO DE DESLIZAMIENTO. RETÍCULA 1 X 1 KM.	85
MAPA 82. EXPOSICIÓN DEL MEDIO NATURAL AL PELIGRO DE INCENDIO. RETÍCULA 1 X 1 KM.	86
MAPA 83 . VARIABLES NORMALIZADAS VULNERABILIDAD SOCIAL 1/4.....	87
MAPA 84 . VARIABLES NORMALIZADAS VULNERABILIDAD SOCIAL 2/4.....	88
MAPA85 . VARIABLES NORMALIZADAS VULNERABILIDAD SOCIAL ¾.....	89
MAPA 86 . VARIABLES NORMALIZADAS VULNERABILIDAD SOCIAL 4/4.....	90
MAPA 87 . VULNERABILIDAD SOCIAL. PESO FACTOR DEMOGRÁFICO	91
MAPA 88 . VULNERABILIDAD SOCIAL. PESO FACTOR ECONÓMICO	92
MAPA 89. VULNERABILIDAD SOCIAL. PESO FACTOR INFRAESTRUCTURAS	93
MAPA 90. VULNERABILIDAD SOCIAL. PESO FACTOR SOCIAL	94
MAPA 91. VULNERABILIDAD SOCIAL. VALORES MÍNIMOS.....	95

MAPA 92. VULNERABILIDAD SOCIAL. VALORES MEDIOS.	96
MAPA 93 . VULNERABILIDAD SOCIAL. VALORES MÁXIMOS.	97
MAPA 94. VULNERABILIDAD TERRITORIAL INTEGRADA. NIVEL MUNICIPAL	98
MAPA 95 . VULNERABILIDAD TERRITORIAL INTEGRADA. RETÍCULAS 5X5 KM.	99
MAPA 96. VULNERABILIDAD TERRITORIAL INTEGRADA. RETÍCULAS 1X1 KM.	100
MAPA 97. VULNERABILIDAD TERRITORIAL INTEGRADA NIVEL MUNICIPAL. NORMALIZADA CON VALOR TERRITORIAL	101
MAPA 98. VULNERABILIDAD TERRITORIAL INTEGRADA GRID 5 X 5 KM.. NORMALIZADA CON VALOR TERRITORIAL	102
MAPA 99. VULNERABILIDAD TERRITORIAL INTEGRADA GRID 1 X 1 KM.. NORMALIZADA CON VALOR TERRITORIAL	103
MAPA 100 . DIVISIÓN SERIES CARTOGRÁFICAS	104
SERIE CARTOGRÁFICA 1. NUMERACIÓN RETÍCULAS 5X5 KM.	105
SERIE CARTOGRÁFICA 2. NUMERACIÓN RETÍCULAS 1X1 KM.	106
SERIE CARTOGRÁFICA 3. VALOR TERRITORIAL INTEGRADO 1X1 KM.	107
SERIE CARTOGRÁFICA 4. VULNERABILIDAD TERRITORIAL INTEGRADA 1X1 KM.	108

VOLUMEN III. ANEXO ESTADÍSTICO

INDICE DE TABLAS Y DOCUMENTACIÓN

1. NIVEL MUNICIPAL	4
1.1. MATRIZ TERRITORIO EXPUESTO / EXPOSICIÓN TERRITORIAL.....	4
1.2. POBLACIÓN. RESULTADOS SIMULACIÓN	19
1.3. SIMULACIÓN VALOR POBLACIÓN	22
1.4. SIMULACIÓN VALOR POBLACIÓN: GRÁFICOS	24
1.5. DATOS INFRAESTRUCTURAS	42
1.6. SIMULACIÓN VALOR INFRAESTRUCTURAS.....	47
1.7. SIMULACIÓN VALOR EDIFICACIONES	49
1.8. SIMULACIÓN VALOR SUELO RÚSTICO. VALOR MEDIO NATURAL	51
1.9. SIMULACION VALOR TERRITORIAL	53
1.10. GRAFICOS SIMULACIÓN VALOR TERRITORIAL.....	55
1.11. SIMULACIÓN VULNERABILIDAD POR EXPOSICIÓN	68
1.12. VULNERABILIDAD TERRITORIAL INTEGRADA	70
2. VULNERABILIDAD SOCIAL.....	74
2.1. VARIABLES NORMALIZADAS.....	74
2.2. MODELO ENCUESTA PONDERACIÓN FACTORES.....	85
2.3. RESULTADOS ENCUESTA VULNERABILIDAD.....	93
2.4. SIMULACIÓN PESO FACTORES.....	101
2.5. SIMULACION VULNERABILIDAD SOCIAL	104
3. NIVEL RETÍCULAS 5 X 5 KM. MATRIZ DE VULNERABILIDAD TERRITORIAL	107
4. NIVEL RETÍCULAS 1 X 1 KM. MATRIZ DE VULNERABILIDAD TERRITORIAL	164

CD ROM (Anexo al volumen I)

SOPORTE DIGITAL DE LA MEMORIA

VOLUMEN I

Volumen1.pdf

VOLUMEN II

Volumen 2.pdf

VOLUMEN III

Volumen 3.pdf

INDICE ACRONIMOS

CCAD: Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo
CEPAL : Comisión Económica para America Latina y el Caribe
CRED : Center for Research on Epidemiology of Disasters
CVA : Capacities and Vulnerabilities Analysis
ECLAC : Economic Comisión for Latin American and Caribbean
EHS : Environment and Human Security
EIRD: Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres
EMA : Emergence Management Australia Disasters
EMDAT: International Disaster Database
EPA : Environmental Protection Agency
FEMA : Federal Emergence Management Agency
FMI : Fondo Monetario Internacional
IEPN: Índice de Exposición a Peligros Naturales
ISDR : International Strategy for Disaster Reduction
IST : Índice de Sensibilidad Territorial
NOAA : National Oceanic and Atmosferic Administration
OMS : Organización Mundial de la Salud
ONG: Organización no gubernamental
OPS: Organización Panamericana de la Salud
PAR : Pressure and Release
PNUD: Programa Naciones Unidas para el Desarrollo
ReVA : Regional Vulnerability Assessment
RVA : Risk and Vulnerability Assessment
RVA : Risk and Vulnerability Assessment
SAT : Sistemas Alerta Temprana
SDR: Subcommitee on Disaster Reduction
SES : Sistemas Socioecològicos
UE : Unión Europea
UN: United Nations
UNDP : United Nations Development Program
UNU: United Nations University
Vat : Valor Territorial
VB: Valor Básico del Suelo Rústico
VCA : Vulnerability and capacity assessment
VCA : Vulnerability Capacity Assessment
Vi: Vulnerabilidad Intrínseca
VS : Vulnerabilidad Social
VTI : Vulnerabilidad Territorial Integrada

1. Introducción

El hombre, su patrimonio y su entorno permanecen y se han mantenido siempre en un estado de continua amenaza derivada de las fuerzas de la naturaleza o de los peligros que genera su propia existencia. La humanidad a lo largo de su historia se ha encontrado en una situación de permanente incertidumbre frente a potenciales eventos catastróficos, lo cual ha sido y continúa siendo, un tema de preocupación para todas las civilizaciones, así como el origen de leyendas, mitos y religiones.

El riesgo, ya sea en su acepción de probabilidad de ocurrencia de un daño o de asunción voluntaria de un peligro, ha estado presente en las sociedades en todas las épocas y resume el escenario de relaciones del hombre con el medio (DEL MORAL ITUARTE & PITA LÓPEZ , 2002). En muchos casos las catástrofes se han interpretado como castigos de los dioses hacia los territorios y sus gentes y no se ha buscado ninguna posible explicación objetiva. Tal y como señala Ayala-Carcedo (AYALA-CARCEDO, 2002), pensadores antiguos como Demócrito (c.470-c.380), Lucrecio (c.95-c.55) o mucho más tarde Hobbes (1588-1659) creían que el miedo a la naturaleza y a las catástrofes estaba presente en el fondo de las religiones.

La incertidumbre sobre la posibilidad de catástrofe se da en todas las escalas geográficas (planetaria, continental, nacional, regional, local); además, el tipo de eventos que pueden ocasionar las catástrofes son muy diversos y cambiantes. Un evento catastrófico puede aparecer aisladamente (por ejemplo, un deslizamiento), pero es frecuente que se produzcan encadenamiento de eventos (sinergias) que conducen a una aparición de desastres en cadena (por ejemplo, terremotos, tsunamis, inundaciones, deslizamientos, incendios, etc.).

El análisis de las experiencias con el paso de los años ha ido aleccionando al hombre sobre el comportamiento de la naturaleza y la relación de causalidad entre algunos fenómenos naturales y determinados eventos catastróficos (precipitación/inundación, tormenta/incendio, etc.) así como en la dificultad de predicción de otros fenómenos (terremotos, tsunamis, etc.). Sin embargo, las actividades humanas y especialmente su implantación en el territorio, se han realizado ignorando en muchos casos los peligros naturales, por lo que sus consecuencias han sido nefastas. De hecho, desde el origen de la humanidad hasta nuestros días, muchas civilizaciones han padecido enormes tragedias a causa de eventos catastróficos, algunas de las cuales podrían haberse evitado (desde la explosión del Vesubio que sepultó a las ciudades de Pompeya y Herculano en el año 79 d.C., hasta la tragedia en el sur de Asia derivada del tsunami de 2004).

A partir de los efectos de las catástrofes algunos optan por achacar a la hostilidad de la naturaleza la responsabilidad de los desastres, sin embargo, es la actividad humana la verdadera responsable de las consecuencias de los eventos catastróficos. Burton señala *“los fenómenos naturales no son ni benignos ni hostiles, son neutros y solamente es la localización humana, sus acciones y su percepción, lo que identifica los fenómenos naturales como recursos o como*

peligros y que estos puedan llegar a convertirse en Riesgos Naturales “. (BURTON, KATES, et al., 1996)

La población, en general, ha sustentado dos teorías contradictorias respecto a los peligros naturales que le han mantenido bloqueada del entendimiento de los desastres. Por una parte, la creencia de que el fenómeno natural es impredecible e inevitable. Y por otra, la percepción de que el poder del hombre, su superioridad como especie inteligente y su tecnología, está por encima de las leyes naturales. La realidad ha ido demostrando, a costa de numerosas pérdidas de vidas, infraestructuras y sufrimiento, que ninguna de ambas teorías era válida. Es decir, ni por una parte muchos de los fenómenos naturales pueden predecirse y evitar que se conviertan en catástrofes, ni por otro la capacidad del hombre en el desarrollo tecnológico para enfrentarse a los desastres es infalible frente a las fuerzas de la naturaleza.

La realidad es que el hombre convive con el peligro. Cerca de 25 millones de Km² (el 19% de la superficie terrestre del planeta) y 3.400 millones de personas (más de la mitad de la población mundial) están fuertemente expuestos al menos a un peligro natural; 3,8 millones de Km² y 790 millones de personas están relativamente expuestos al menos a dos peligros; y cerca de 0,5 millones de km² y 105 millones de personas se ven afectados por tres o más peligros. (DILLEY, CHEN, et al., 2005)

La percepción de los riesgos naturales por parte del hombre ha ido cambiando a lo largo de los siglos. De una teoría organicista, presocrática oriental, que concebía al mundo como un “*macrocosmos*” y al hombre como un “*microcosmos*” que convivían en armonía y con analogía y se pasó a una teoría platónica en la que se pone de manifiesto que el hombre es un “*ser vivo, provisto de alma y de entendimiento*”, lo cual podría explicar las causas de los peligros naturales. Mucho después, en el s. XVII, el jesuita alemán Atanasio Kircher recupera la teoría platónica y señala también a la tierra como un auténtico organismo vivo. En su libro “*Mundus Subterraneus*” (1665) señala que “*la Tierra es como una especie de vasto organismo con osamenta pétrea constituida por las cordilleras, con un núcleo ígneo central y con grandes cavidades subterráneas llenas de fuego, de agua, y de aire, los cuales se encuentran todos ellos relacionados* “. O la visión racionalista, de base aristotélica-senequista, que entendía el origen de los terremotos derivada del “*viento que se encuentra encerrado en las cavernas subterráneas y ansía salir al exterior*”. (ARRANZ LOZANO, 2003)

Las teorías evolutivas argumentan que la evolución es uno de los principios fundamentales de los seres vivos, lo cual puede hacerse extensivo a sus pueblos y comunidades. En 1859, Charles Darwin señalaba en el “*Origen de las Especies*” cómo el clima y las epidemias tenían un claro papel en la selección natural y podían dar lugar a variaciones más adaptadas. Las escalas temporales de la evolución para el hombre son muy vastas, y el desarrollo de la inteligencia parece ser uno de los factores clave de evolución. En este sentido, el desarrollo del conocimiento es un factor clave en el proceso evolutivo de las sociedades, que condiciona en gran medida el éxito o el fracaso de las civilizaciones. El conocimiento de los peligros naturales,

de su origen, de sus atributos, de sus consecuencias, así como el estudio de la vulnerabilidad de las poblaciones y los riesgos sobre las sociedades son básicos para la supervivencia y constituye un patrimonio intelectual necesario para garantizar la viabilidad del ser humano en el planeta. Por tanto, la adaptación del ser humano a convivir con los riesgos es determinante para su viabilidad como especie.

Sobre el objetivo principal de evitar los daños producidos por las catástrofes, las estrategias a seguir pueden ser variadas: reducir el peligro, evitar la exposición de personas, bienes y actividades, reducir la vulnerabilidad intrínseca de los elementos expuestos, incrementar la capacitación de las personas frente al desastre para mitigar sus efectos; sin embargo, no hay un consenso generalizado de tomar dichas medidas. La realidad descubre que las sociedades tienen diversas formas de afrontar la problemática de los riesgos; mientras algunas ignoran los peligros por falta de recursos y capacidades, otras son osadas y conviven con el riesgo exponiendo sus vidas y su patrimonio. En general, las sociedades desarrolladas tratan de conocer los peligros, prevenir los riesgos y reducir las vulnerabilidades. Sin embargo, en muchos casos se opta por incrementar las medidas de resiliencia frente a las catástrofes más que por la eliminación y reducción de los peligros, por ejemplo, la construcción de rascacielos en Japón o California, en lugares donde los peligros sísmicos son muy elevados. En países subdesarrollados se desconocen más los peligros, por lo que se incrementan los bienes expuestos, además de que las vulnerabilidades son también muy elevadas.

En este escenario podría preverse que tras una catástrofe los países menos desarrollados padecerían elevados daños económicos. Sin embargo, la realidad nos descubre que los mayores daños económicos se producen en los países desarrollados. En los países más pobres, el verdadero drama es la pérdida de vidas humanas, ya que el valor del patrimonio territorial es bajo, especialmente por falta de infraestructuras y equipamientos. Éste es el eje de convergencia entre la catástrofe, la pobreza y el subdesarrollo. El verdadero azote de las catástrofes se realiza sobre los países pobres, ya que además de mermar sus escasos recursos provocan pérdidas extraordinarias en vidas humanas.

La incidencia e intensidad de algunos fenómenos naturales (terremotos, inundaciones, erupciones volcánicas, etc.) son prácticamente independientes de la actividad humana a pequeña escala; sin embargo, las sociedades tienen un papel destacado a la hora de evitar que dichos fenómenos se conviertan en catástrofes. El estudio de la vulnerabilidad del sistema humano y natural a los peligros naturales es un campo relativamente nuevo que incluye la participación de diversas disciplinas de campos como las ciencias sociales, la economía, la geología, la geografía, la sociología, etc.

En las últimas décadas se ha producido un incremento extraordinario de la frecuencia y la magnitud de los eventos catastróficos ligados a peligros naturales. La frecuencia de terremotos y erupciones volcánicas parece mantener las mismas pautas durante siglos, pero sin embargo, los fenómenos relacionados con aspectos climatológicos, hidrológicos e incendios forestales han

aumentado de forma extraordinaria su frecuencia y sus magnitudes. Además, las pérdidas económicas también se han incrementado notablemente (Figura 1.1).

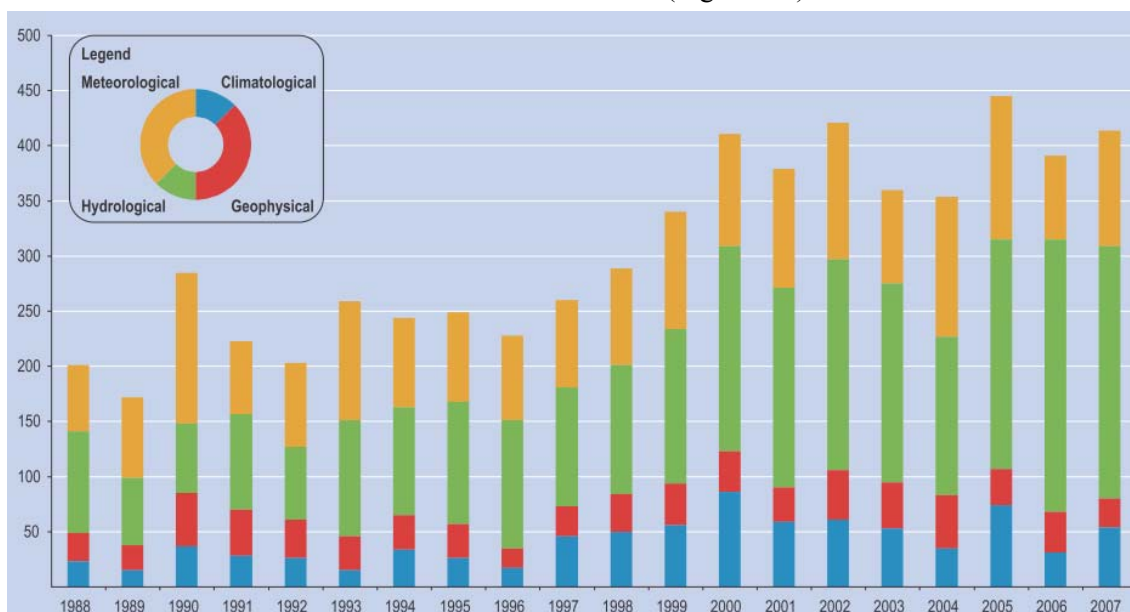


Figura 1.1. Frecuencia de los distintos tipos de desastres

Fuente : (SCHEUREN, LE POLAIN DE WAROUX, et al., 2008), pp. 16

[Consulta: 14.05.2008]

El último informe de Naciones Unidas sobre la aplicación de los Acuerdos del Marco de Acción de Hyogo 2005-2015 apunta que los desastres relacionados con riesgos hidrometeorológicos, en particular, las inundaciones y las tormentas, han aumentado especialmente en los últimos años. En el período 2000-2007, lo hicieron en un 8,4 anual y su costo por año superó los 80.000 millones de dólares. Estas tendencias señalan un aumento de la vulnerabilidad relacionada con los riesgos climáticos, particularmente en los países más pobres.(NACIONES UNIDAS, 2008).

Existe un notorio interés científico en las últimas décadas en el estudio de los desastres, así como también se ha percibido un considerable cambio y evolución de los enfoques conceptuales y metodológicos, que llevan a considerar más los aspectos relacionados con la vulnerabilidad (ALEXANDER, 1997).

El método científico pretende dar una explicación al riesgo y sus componentes, con el objetivo de predecir potenciales eventos catastróficos y minimizar sus consecuencias. La modelización es la herramienta del investigador para crear una representación simplificada e ideal de la realidad, mediante un conjunto de simplificaciones y abstracciones, cuya validez se pretende constatar. La validación del modelo se lleva a cabo comparando las propiedades impuestas al modelo con observaciones empíricas. En el análisis de los riesgos territoriales provocados por catástrofes naturales o tecnológicas, la aplicación de técnicas de modelización es habitual, así se modeliza el peligro, la vulnerabilidad, el riesgo, así como los daños potenciales, etc.

El análisis de los riesgos territoriales es una disciplina científica transversal en la cual investigadores de diversas áreas (geografía, geología, ingeniería, sociología, economía, biología,

etc.) convergen en un objetivo común: la reducción de los efectos de las catástrofes. Ello la convierte en una materia compleja en la que abundan más los enfoques temáticos que las visiones holísticas. Además, la gran trascendencia económica, social y ambiental de las catástrofes la convierten en un tema de prioridad máxima en muchos países, especialmente en los más afectados en cuanto a número de eventos y coste de los mismos.

Dada la importancia económica y social de los desastres durante el último cuarto del siglo pasado, Naciones Unidas declaró la década pasada, como la Década Internacional para la Reducción de Desastres, “*International Decade for Natural Disaster Reduction*”, y promovió el desarrollo en dos áreas principales: la investigación conceptual en la gestión de desastres y el desarrollo de nuevas metodologías de evaluación de riesgos y vulnerabilidades. Ciertamente, en esos años el avance ha sido significativo a nivel conceptual y empírico, aunque todavía queda mucho por hacer. Naciones Unidas ha continuado su labor con el desarrollo de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres, cuyo principal objetivo es contribuir al desarrollo de sociedades más resistentes al efecto de las catástrofes :” *The ISDR aims at building disaster resilient communities by promoting increased awareness of the importance of disaster reduction as an integral component of sustainable development, with the goal of reducing human, social, economic and environmental losses due to natural hazards and related technological and environmental disasters.* (<http://www.unisdr.org/> [Consulta: 10.09.2008])

Las previsiones de desastres para próximos decenios son poco optimistas. El Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015, “*Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters*” ,elaborado como resultado de la Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres Hyogo (Japón 2005), destaca en su preámbulo que “*la vulnerabilidad exacerbada por la evolución de las condiciones demográficas, tecnológicas y socioeconómicas, la urbanización sin plan, el desarrollo de zonas de alto riesgo, el subdesarrollo, la degradación del medio ambiente, la variabilidad del clima, el cambio climático, las amenazas geológicas, la competencia por los recursos escasos y el impacto de las epidemias como la del SIDA, **presagia un futuro de amenaza creciente de los desastres para la economía mundial, la población del planeta y el desarrollo sostenible de los países en desarrollo***”. El plan de acción señala, como una de las prioridades en el ámbito de la investigación: “*.. fortalecer la capacidad técnica y científica para elaborar y aplicar metodologías, estudios y modelos de evaluación de los factores de vulnerabilidad ante amenazas de origen geológico, meteorológico, hidrológico y climático y los efectos de éstas, y en particular mejorar las capacidades de vigilancia y evaluación regionales*”. Además, promueve el desarrollo de un sistema de indicadores de riesgos de desastre y vulnerabilidad, como una de las actividades claves a desarrollar por la comunidad científica internacional.

Tal y como se señala anteriormente, la respuesta científica al análisis de los desastres naturales y tecnológicos, ha prestado especial atención al ámbito de la prevención, centrándose mayoritariamente en el estudio del peligro y sus componentes. Sin embargo, ha sido en el último decenio cuando el enfoque se ha ampliado hacia el análisis de otras componentes del

riesgo, especialmente la vulnerabilidad, o en el estudio de las distintas etapas del ciclo de los riesgos: emergencia, mitigación de daños, prevención, recuperación, etc. Asimismo, el estudio de los riesgos también ha ampliado en gran medida los ámbitos de estudio, pasando, de una visión mayoritariamente focalizada en aspectos técnicos, a incorporar también aspectos sociales, económicos y ambientales.

La geografía como disciplina científica basada en el estudio del territorio, tiene mucho que aportar al análisis de los riesgos y al conocimiento de los efectos de los desastres. La componente espacial está presente en todos los aspectos del riesgo: el peligro, la vulnerabilidad, la exposición, la prevención, la mitigación, etc. Por ello, mediante su enfoque integrador, el geógrafo ha venido proporcionado respuestas y soluciones adecuadas a la mitigación y reducción de riesgos. La geografía del riesgo se interesa por el componente espacial del riesgo y su relación con las demás componentes (física, social, económica y ambiental). Su origen se encuentra en trabajos de ecología humana de la Escuela de Chicago, donde se estableció un marco teórico basado en la ecología y la evolución que analizaba el impacto humano en el entorno. La geografía del riesgo tendrá en los próximos años una prometedora línea de estudio en la cual su visión integradora de los problemas territoriales, puede contribuir en gran medida a la solución de problemas en relación a la reducción de los desastres naturales.

Calvo García-Tornel (CALVO GARCIA-TORNEL, 2006) destaca que la investigación científica en el área de los riesgos en España, está poco desarrollada y existen confusiones conceptuales importantes : *“Resulta notable constatar que todavía en el presente y con mucha frecuencia no suele distinguirse entre causas y efectos de los desastres. Así resulta muy difícil entre la abundante bibliografía donde se utiliza el término “riesgo” encontrar análisis no supeditados a un fenómeno ya ocurrido”*.

Es un hecho demostrado que el cambio climático, producido por un aumento progresivo de la temperatura de la atmósfera a consecuencia de actividad humana es el responsable del incremento de la frecuencia de eventos de naturaleza catastrófica, sobre todo asociados a efectos meteorológicos. El estudio de dicho fenómeno ha dado lugar a una disciplina científica en torno al cambio climático que se viene preocupando, de forma creciente, por el estudio de la vulnerabilidad. Sin embargo, nuestro enfoque sobre la vulnerabilidad, se va a centrar de forma genérica en el análisis de la vulnerabilidad territorial frente a los desastres naturales, independientemente de la etiología que pudieran tener dichos desastres.

El presente trabajo de investigación lo centramos en el estudio de dos cuestiones clave del estudio de los riesgos territoriales frente a peligros naturales. En primer lugar, en el estudio de la vulnerabilidad, como factor clave del riesgo, preocupándonos por su perspectiva de variable territorial de síntesis, integradora de aspectos sociales, económicos y ambientales.

A partir de un análisis del “estado del arte”, se propone una metodología novedosa de evaluación de la vulnerabilidad territorial, basada en el uso de tecnologías de la información

geográfica, modelos multicriterio y modelos de simulación, que contempla la incertidumbre como propiedad fundamental en la definición de las componentes de la vulnerabilidad. El modelo se testea a nivel regional para la isla de Mallorca. El modelo de distribución geográfica de la vulnerabilidad facilita al planificador la toma de medidas adecuadas para la mitigación de riesgos.

En segundo lugar, afrontamos el estudio de la evaluación de daños postcatástrofe, profundizando sus posibilidades en la identificación de la vulnerabilidad latente del territorio. A través del análisis de los daños y pérdidas queremos extraer conocimiento de las catástrofes, de sus orígenes y sus consecuencias: “*aprender de la catástrofe*”. A partir del conocimiento adquirido, se propone una metodología de análisis de daños postcatástrofe y se implementa un instrumento informático ad-hoc para su implementación práctica. La metodología ,a modo de ejemplo, también se testea en un área de la Serra de Tramuntana de Mallorca.

1.1. Selección del tema

Los desastres naturales son un tema de creciente actualidad a nivel social y económico. La dedicación de la ciencia al desarrollo científico y tecnológico en este campo resulta aconsejable y necesaria.

El análisis de riesgos territoriales es un tema de investigación transversal que integra numerosas temáticas y disciplinas. Su estudio tiene por definición un carácter multidisciplinar al tratarse de una temática que aborda cuestiones geográficas, ecológicas, geológicas, sociales, legales, económicas, sociológicas, históricas, físicas, etc. Para el investigador el tema resulta de interés por la relevancia que pueden tener sus descubrimientos, innovaciones y propuestas metodológicas en la reducción de los efectos de las catástrofes en vidas humanas, destrucción del patrimonio y pérdidas económicas.

La aproximación de la geografía a los desastres se realiza desde el enfoque de la geografía del riesgo (CALVO GARCIA-TORNEL, 1997), la cual se encuentra en una fase de consolidación y expansión. La consideración de la dimensión espacial en el estudio de los riesgos, proporciona información relevante sobre su distribución en el espacio en relación a diversos factores territoriales, y ayuda a proporcionar una visión holística del riesgo.

La selección del tema de esta investigación tiene su origen en una amplia trayectoria profesional y académica en el marco de la ordenación del territorio, la evaluación de impactos ambientales, los riesgos territoriales y el análisis del paisaje, sobre el hilo metodológico conductor de los Sistemas de Información Geográfica. En concreto, los riesgos territoriales en los últimos cinco años han centrado mi dedicación profesional. Considero destacable la participación en el proyecto europeo “QUATER” Interreg MEDOC (2002-2004) (<https://quater.reteunitaria.piemonte.it/home.htm> [Consultado 12.10.2008]) El proyecto QUATER consistió en el desarrollo de un protocolo para la Certificación del Riesgo Municipal basado en la adaptación de normas de certificación OHSAS-18.000. Como responsable del mismo por la Universidad de las Islas Baleares, participé en el desarrollo del modelo de certificación y en la construcción de un Sistema de Ayuda a la Decisión Espacial (SADE) para dar apoyo a la gestión municipal en la gestión de riesgos

También resulta de interés, mi participación en el análisis de la vulnerabilidad del litoral balear por contaminación de hidrocarburos (RUIZ, 1999). Pero, sin duda, la actividad de mayor incidencia sobre el proyecto de investigación que presentamos en la segunda parte de esta memoria es el proyecto Interreg III B DAMAGE, que se desarrolló bajo la coordinación de la Dirección General de Emergencias de la Consejería de Interior del Gobierno Balear. Nuestra participación en el proyecto se concreta en el desarrollo de un Sistema de Ayuda para la Decisión Espacial, para la evaluación de daños postcatástrofe, que se realizó a través de un convenio de colaboración entre la Dirección General de Emergencias y la Universidad de las

Islas Baleares bajo mi coordinación técnica (www.interreg-damage.org) [consultado 12.10.2008).

A partir de estos antecedentes, nos pareció adecuado a los directores de esta tesis y a mí, el desarrollo de un trabajo de investigación en la temática de los riesgos sobre aquellos aspectos que, por mi experiencia en la materia tuvieran una relevancia especial y hubieran sido menos tratados por la comunidad científica. A partir de este planteamiento la investigación propuesta se centra en aspectos de importancia singular en el análisis de los riesgos: la vulnerabilidad y el análisis de daños postcatástrofe, desde un enfoque territorial. Es decir, nos centramos en la dimensión espacial de los conceptos de vulnerabilidad y daño con el objetivo de profundizar en sus implicaciones sobre la planificación territorial.

El enfoque de la investigación, centrado en la consideración de la vulnerabilidad como factor crítico en la dimensión de los efectos de las catástrofes, reviste un atractivo especial al ser un tema novedoso y de gran trascendencia social y económica.

Asimismo, pienso que la transferencia de los resultados de investigación a la sociedad es, no sólo adecuada, sino también necesaria, y por ello, además de los resultados teóricos y conceptuales del trabajo, hemos construido un instrumento automatizado especialmente orientado a la gestión de daños y control de la vulnerabilidad territorial.

1.2. Hipótesis de la investigación y objetivos

1.2.1. Problemas a resolver

El análisis de los riesgos territoriales se ha enfocado tradicionalmente en torno al estudio de los peligros y la evaluación de la emergencia. Sin embargo, las pérdidas que producen las catástrofes naturales son cada vez más cuantiosas, por lo que se hace preciso ampliar esta visión hacia el conocimiento de otras componentes del riesgo.

Desde hace unos años, la investigación en torno a la vulnerabilidad frente a catástrofes empieza a recibir una atención considerable. A pesar de ello, existe una coincidencia unánime entre la comunidad científica y los organismos internacionales, en que es necesario y urgente promover un avance conceptual y metodológico en esta materia. Cada vez son más comunes las experiencias que consideran la vulnerabilidad en el cálculo del riesgo. En la mayoría de los casos, éstas se basan en el estudio de la vulnerabilidad derivada de la exposición al peligro, pero no suelen tener en cuenta otros aspectos de vulnerabilidad asociada directamente a los propios elementos expuestos.

De la misma forma, las tareas de evaluación de daños y pérdidas producidos por una catástrofe, no han recibido suficiente atención por parte de la comunidad científica. En general, se realizan con escasa coordinación entre Administraciones, poca rigurosidad y escasa eficiencia, por lo que difícilmente puede extraerse un conocimiento objetivo del desastre, que ayude a identificar la vulnerabilidad revelada de los elementos expuestos y fundamente estrategias de mitigación adecuadas.

La incorporación de la dimensión geográfica y la incertidumbre en el estudio de la vulnerabilidad y evaluación de daños frente a catástrofes, también es un tema de singular transcendencia, que tampoco ha recibido suficiente atención y puede contribuir decisivamente a facilitar el entendimiento de las causas de los desastres.

Los principales problemas que deseamos resolver con este trabajo de investigación son los siguientes:

- El conocimiento de los factores que condicionan la vulnerabilidad de un territorio frente a desastres naturales, así como su importancia.
- La consideración de factores geográficos en el análisis de la vulnerabilidad integrada.
- La incorporación de la incertidumbre en la valoración de los factores constitutivos de la vulnerabilidad.
- La evaluación de la vulnerabilidad a diversas escalas geográficas.

- La incorporación de la incertidumbre en la valoración de la magnitud del impacto y en la valoración económica de los elementos en el proceso de evaluación de daños postcatástrofe.
- La evaluación rápida y precisa de los daños provocados por una catástrofe sobre la que basar planes de recuperación.
- La utilización de la evaluación de daños como un instrumento de análisis de la vulnerabilidad revelada y que contribuya al desarrollo de estrategias de mitigación eficaces.

1.2.2. Hipótesis

La vulnerabilidad territorial frente a catástrofes naturales juega un papel clave en los riesgos territoriales. La valoración de la vulnerabilidad desde una perspectiva multidimensional (social, infraestructural, económica y ambiental) y geográfica, facilita la evaluación holística del riesgo y la consiguiente reducción de los efectos derivados de las catástrofes.

La mejora en los métodos de evaluación de daños postcatástrofe puede ayudar a la detección de la vulnerabilidad territorial revelada/emergente y contribuir al desarrollo de programas de mitigación más efectivos.

La aplicación de las tecnologías de la información geográfica y la simulación matemática al estudio de la vulnerabilidad y la evaluación de daños postcatástrofe, proporciona una visión espacial y permite el tratamiento de la incertidumbre de gran interés para mejorar el conocimiento de los riesgos naturales.

1.2.3. Objetivos

Objetivos generales

1. Analizar el papel que juega la vulnerabilidad territorial en la magnitud y extensión de los efectos provocados por eventos catastróficos.
2. Identificar y evaluar la importancia de los factores territoriales que participan en la definición de vulnerabilidad territorial frente a desastres naturales e identificar y valorar la importancia de indicadores e índices que permiten cuantificar dichos factores.
3. Analizar las capacidades de los métodos de evaluación rápida de daños postcatástrofe como instrumentos de detección de la vulnerabilidad emergente del territorio y como técnicas de apoyo a la planificación de los riesgos naturales.
4. Desarrollar un método evaluación de riesgos que incorpore la incertidumbre en la definición de las componentes de peligro, exposición, vulnerabilidad.

Objetivos Específicos

1. Realizar un análisis del “estado del arte” de los conceptos y metodologías en relación a la vulnerabilidad territorial y la evaluación de daños postcatástrofe.

En el ámbito científico de las ciencias experimentales, el planteamiento más común del análisis de riesgos suele realizarse desde el enfoque del estudio y evaluación de los peligros naturales. Las ciencias sociales, sin embargo, se focalizan más en los aspectos relativos a la vulnerabilidad social y económica de los territorios afectados por peligros naturales. En este trabajo proponemos realizar un estudio integrador de ambos extremos, intentando armonizar dichas aproximaciones experimental y socioeconómica. En este sentido, nuestro análisis se centra en el estudio de la vulnerabilidad y la evaluación de daños derivados de las catástrofes, para reducir los riesgos territoriales integrando aspectos técnicos, sociales, económicos y ambientales.

El estudio de los riesgos como temática transversal, debe mantener un enfoque holístico que incluya el análisis del conjunto de componentes territoriales.

Los objetivos secundarios que nos planteamos son:

- Identificar y describir los conceptos clave en el estudio de la vulnerabilidad y la evaluación de daños en el ámbito del ciclo de los riesgos.
- Valorar el papel de la Geografía como disciplina científica en el análisis de la vulnerabilidad y en la evaluación de daños.
- Realizar un análisis del *estado del arte* de la investigación básica y aplicada en el análisis de la vulnerabilidad y la evaluación de daños.
 - o Identificar fuentes de información, y líneas de trabajo en el análisis de vulnerabilidad y evaluación de daños.
 - o Identificar los organismos, instituciones y centros de investigación que trabajan en dicha temática, conocer sus líneas de trabajo y principales resultados.
 - o Evaluar las metodologías de desarrollo y los enfoques aplicados que se desarrollan.
 - o Identificar los principales actores en el análisis de la vulnerabilidad: instituciones, centros de investigación, universidades, agencias públicas, investigadores, etc. en el análisis de la vulnerabilidad. Analizar sus actividades y líneas de trabajo.
 - o Identificar vacíos o lagunas conceptuales o metodológicas, en el análisis de la vulnerabilidad y la evaluación de daños sobre las cuales basar una propuesta metodológica.

- Fundamentar conceptualmente el desarrollo de una propuesta metodológica para el análisis de la vulnerabilidad y la evaluación de daños postcatástrofe.

2. Desarrollar una metodología basada en el uso de las tecnologías de la información geográfica para la evaluación de la vulnerabilidad territorial frente a desastres naturales y en una concepción multidimensional de la vulnerabilidad, integrando aspectos sociales, económicos y ambientales.

La metodología a proponer cubrirá un vacío conceptual y metodológico en la evaluación de la vulnerabilidad, así como una necesidad, tal como señalan algunos organismos internacionales.(Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), 2004)

Los objetivos secundarios a alcanzar son los siguientes:

- Proponer una metodología en el análisis de la vulnerabilidad territorial, en base al conocimiento de los métodos de evaluación existente y la utilización de las mejores tecnologías disponibles.
- Integrar los distintos componentes temáticos de la vulnerabilidad (social, infraestructural, económica, ambiental).
- Incorporar un factor de incertidumbre en la valoración de la vulnerabilidad derivada de la dificultad de cuantificación y ponderación de los factores de los cuales depende.
- Resolver el análisis de la vulnerabilidad a diversas escalas geográficas de análisis: nacional, regional, municipal, de tipo zonal.
- La necesidad de profundizar en el conocimiento de los aspectos relacionados con el ciclo de los riesgos, con objeto de resolver una confusión terminológica generalizada y acabar con la polisemia de los términos relacionados con el riesgo.
- Fomentar el desarrollo de metodologías integradas de análisis de la vulnerabilidad frente a desastres naturales, que incluyan aspectos de tipo físico, económico y ambiental y que integren el concepto de vulnerabilidad intrínseca y capacidad de carga.
- Contribuir a la identificación y validación de indicadores de la vulnerabilidad frente a desastres naturales.
- Potenciar la percepción y valoración de la componente geográfica de la vulnerabilidad como instrumento clave para la puesta en marcha de actuaciones de prevención y mitigación más eficaces.
- Favorecer una visión integrada de la vulnerabilidad territorial frente a distintos tipos de peligros naturales.
- La consideración de la incertidumbre en el proceso de evaluación de la vulnerabilidad, con objeto expresar, de forma rigurosa, la verdadera naturaleza probabilística de esta variable.

3. Proponer una metodología para evaluación de daños provocados por eventos catastróficos de origen natural, que sea de rápida aplicación tras el desastre y que permita detectar la vulnerabilidad emergente del territorio con objeto de desarrollar estrategias de mitigación adecuadas y así aprender de la catástrofe.

Se diseñará un método de evaluación de daños y pérdidas postcatástrofe que permita evaluaciones rápidas de pérdidas económicas y que Asimismo posibilite evaluar la vulnerabilidad emergente de los elementos territoriales dañados.

Los objetivos secundarios a lograr son los siguientes:

- Diseñar un método de evaluación de daños basado en el uso de tecnologías de la información geográfica:
 - o Diseñar una base de datos geográfica SIG para la evaluación de daños postcatástrofe.
- Integrar métodos de valoración económica del territorio en la base de datos geográfica, para dar apoyo a la evaluación de daños postcatástrofe.
- Incorporar la incertidumbre en el proceso de valoración de daños.

4. Ensayar las metodologías propuestas en dos zonas de estudio

- Realizar la evaluación de la vulnerabilidad territorial en la isla de Mallorca para testar la metodología propuesto mediante su aplicación a un análisis territorial concreto.
- Utilizar los resultados obtenidos en el análisis de la vulnerabilidad territorial para la valoración de daños potenciales de un siniestro y evaluar sus posibilidades aplicadas en la planificación de riesgos territoriales a una escala local.
- Evaluar los daños de una catástrofe potencial producida en una zona de la Serra de Tramuntana de Mallorca, utilizando la metodología propuesta para la evaluación de daños.

De forma genérica esta Tesis también contribuirá a la consecución de los siguientes objetivos:

- Profundizar en el conocimiento de las diversas fases del ciclo de los riesgos territoriales desde la perspectiva del fomento del desarrollo sostenible en sus dimensiones ambiental, económica y social.
- Fomentar las tareas de planificación territorial basadas en el conocimiento del territorio y especialmente, la consideración de su vulnerabilidad a los desastres naturales.

- Fomentar el uso de tecnologías de la información geográfica en el análisis de riesgos territoriales y en el desarrollo de tareas de planificación territorial.
- Profundizar en el proceso de evaluación de la vulnerabilidad territorial y la evaluación de daños, para mejorar la evaluación de riesgos territoriales y optimizar las tareas de planificación territorial, con objeto de potenciar la resiliencia del territorio frente a catástrofes naturales.
- Contribuir al desarrollo de metodologías basadas en la componente geográfica de los riesgos territoriales.

Se considera importante señalar que no es objetivo de este trabajo realizar un análisis general de la geografía del riesgo y la descripción de cada uno de sus componentes, por entender que la bibliografía existente ya resuelve este aspecto.

1.3. Estructura de la investigación y contenidos de la Tesis.

El desarrollo de la investigación se ha dividido en cuatro fases, cada una de las cuales combina el uso de diversas técnicas y procedimientos:

1. En primer lugar, se procedió al desarrollo de un profundo análisis documental y bibliográfico, acerca de la vulnerabilidad territorial frente a desastres de origen natural y técnicas de evaluación de daños producidos por eventos catastróficos. Fruto de dicho análisis, se establece un marco conceptual y metodológico, así como se evidencian las cuestiones que precisan ser mejoradas.
2. En base a las conclusiones obtenidas en el apartado primero, se propone una metodología para la evaluación de la vulnerabilidad territorial y para la evaluación de daños postcatástrofe. La aportación se concretará con la descripción de procedimientos metodológicos, el diseño de estructuras de datos y programas informáticos.
3. Posteriormente se testea la metodología propuesta en un ámbito geográfico. En concreto se han seleccionado un conjunto de municipios de la isla de Mallorca para la evaluación de la vulnerabilidad a escala regional. Para el testeo de la evaluación de daños postcatástrofe se ha desarrollado una simulación de un incendio forestal en la Serra de Tramuntana.
4. Finalmente, a partir de los resultados obtenidos, se procedió a la extracción de un conjunto de conclusiones.

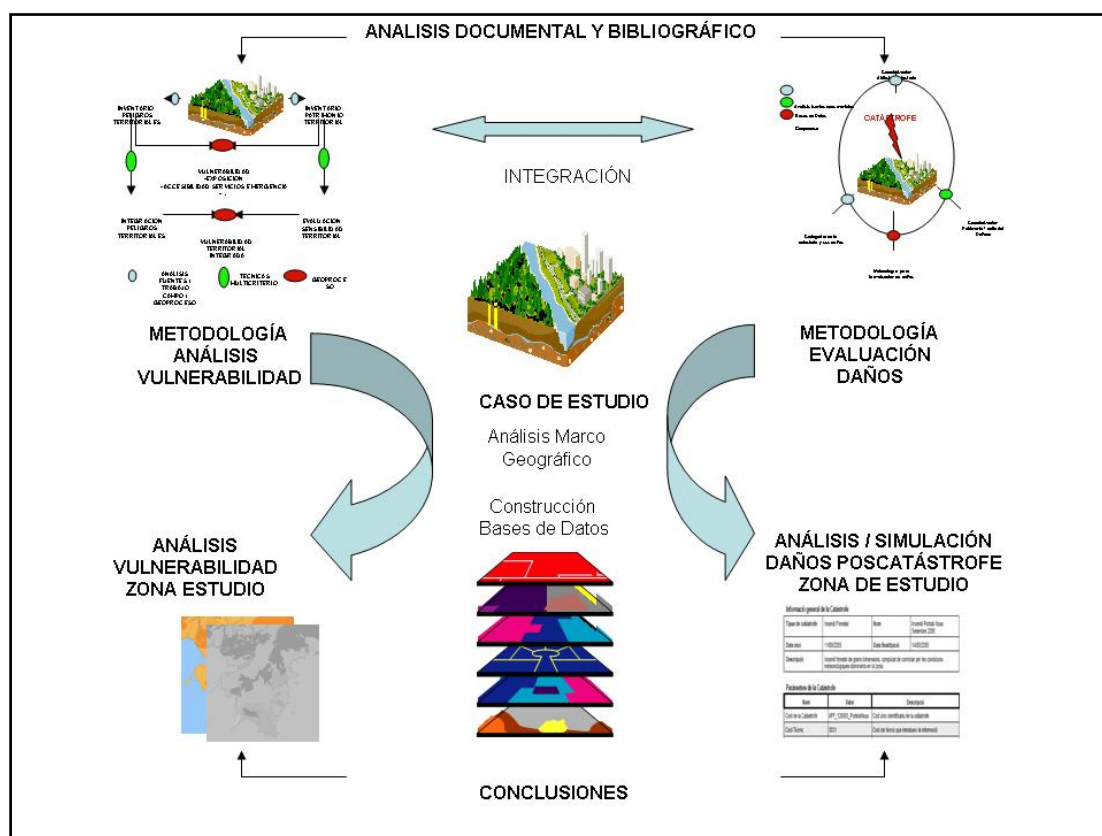


Figura 1.2. Esquema operativo de la investigación

La presente memoria se estructura en ocho capítulos

Capítulo 1

Se dedica a definir los objetivos, establecer la metodología y describir las fuentes de información consultadas para la elaboración del capítulo.

Capítulo 2.

Se realiza una descripción de los conceptos de vulnerabilidad y evaluación de daños en el ámbito de la geografía de los riesgos. Se revisa la relación entre la vulnerabilidad respecto a otras componentes del riesgo, así como se relaciona la vulnerabilidad con otras de las fases del ciclo de los riesgos. Se analizan las líneas de investigación que se desarrollan en la actualidad en instituciones públicas y privadas en el ámbito del estudio de la vulnerabilidad y evaluación de daños, así como se revisa el papel de distintas organizaciones de ámbito internacional y nacional en el estudio de la vulnerabilidad. Finalmente, se analiza el tratamiento de la vulnerabilidad y la evaluación de daños en los glosarios sobre riesgos existentes.

Se dedica al análisis en profundidad de la vulnerabilidad territorial. Se realiza un análisis de las definiciones proporcionadas al término, así como se relaciona el concepto de vulnerabilidad con el de sostenibilidad ambiental. Posteriormente se analizan los atributos de la vulnerabilidad y los distintos índices y escalas de medida existentes. Posteriormente se evalúan los métodos de estudio de la vulnerabilidad. Finalmente se describen distintos enfoques del estudio de la vulnerabilidad (social, económica, ambiental) y se evalúa la vulnerabilidad a distintos peligros naturales y tecnológicos.

La evaluación de daños postcatástrofe es analizada en profundidad en el segundo capítulo. Se presta especial atención a las técnicas de evaluación de daños y cálculo de pérdidas económicas derivadas de los eventos catastróficos. También se analizan los daños y costes derivados sobre los distintos componentes territoriales: la población, las infraestructuras, la actividad económica y el medio ambiente. Posteriormente se analizan los distintos tipos de daños o pérdidas en función del tipo de evento catastrófico que se produzca (inundaciones, incendios, deslizamientos, terremotos, etc.).

Capítulo 3.

Se propone una metodología genérica para el análisis de la vulnerabilidad territorial integrada. Se identifican las variables implicadas en su cálculo y se proponen los métodos para obtenerlas.

Capítulo 4.

Se realiza la aplicación de la metodología propuesta de análisis de la vulnerabilidad territorial en la isla de Mallorca (excluyendo el municipio de Palma).

Capítulo 5.

En base al análisis de vulnerabilidad, se propone una metodología para la estimación de pérdidas derivadas de un evento catastrófico y se realiza un ensayo de la misma en la simulación de pérdidas potenciales provocadas por un incendio forestal en una zona de la Serra de Tramuntana.

Capítulo 6.

Se incluyen las conclusiones del trabajo

Capítulo 7.

Referencias bibliográficas.

Capítulo 8.

Se incluyen tres anexos: anexo documental, anexo cartográfico, estadístico.

1.4. Metodología y fuentes

Para la realización de cada una de las fases de la investigación, se han utilizado diversos instrumentos metodológicos y diversas técnicas que a continuación se describen en detalle:

1.4.1. Análisis documental y bibliográfico

El trabajo ha consistido en un análisis documental y bibliográfico sistemático basado en el uso de Internet y la consulta directa de libros y revistas científicas.

Básicamente las tareas que se han realizado han sido las siguientes:

1. Búsqueda información
 - a. Exploración de información en Internet: utilización de motores de búsqueda de Internet (GOOGLE, Yahoo...)
 - b. Utilización de plataformas especializadas; biblioteca digital de la Universidad de las Islas Baleares, CSIC.
 - c. Consulta bibliográfica en diversas bibliotecas; Universidad Islas Baleares, Universidad Complutense Madrid.
 - d. Solicitud de material a sus autores (entidades públicas, investigadores, etc.).
 - e. Utilización del Arts and Humanities Index, the *Social Science Citation Index* y el *Scientific Information* (ISI), para realizar búsquedas de las numerosas palabras clave seleccionadas : vulnerabilidad , evaluación daños, desastres, etc.
2. Lectura, valoración interpretación de la documentación.
3. Extracción de conclusiones. Identificación de aspectos pendientes.

Para la clasificación y referenciación de la información consultada se ha utilizado el programa informático PROCITE vers. 5.0. Se han clasificado un total de 950 referencias.

El trabajo se ha realizado a lo largo de los años 2006 hasta diciembre de 2010.

1.4.2. Desarrollo de metodologías para la evaluación de la vulnerabilidad territorial frente a catástrofes naturales y la evaluación de daños

La elaboración de las propuestas metodológicas será explicada con detalle en los apartados correspondientes. De forma sintética podríamos diferenciar cinco fases en su desarrollo:

1. Análisis de funcionalidades potenciales a alcanzar.

En primer lugar, se identifican y clasifican las preguntas a las que las metodologías deberán dar respuesta y que justifican su desarrollo. Se estructuran dichas preguntas y se transforman en funcionalidades a cubrir. En el marco del análisis de la vulnerabilidad y evaluación de daños, la identificación de dichas preguntas se basa en el material documental y bibliográfico consultado. En este sentido, la propuesta incorpora un importante componente de innovación y originalidad.

2. Identificación de la información necesaria y sus fuentes.

Para poder dar respuesta a las preguntas planteadas, se deberá identificar el tipo de información que será necesario disponer. Será preciso especificar la información de base, así como los datos e informes secundarios generados a partir de las mismas.

3. Definición de la estrategia procedimental: esquema operativo.

Identificación de los procesos que es necesario realizar. En este sentido, deberán concretarse las distintas fases operativas de la metodología propuesta, así como la información de entrada y la información de salida para cada tipo de proceso.

4. Análisis de requerimientos tecnológicos.

Se describirán un conjunto de instrumentos informáticos para poder realizar cada uno de los procesos propuestos. Se describirán los programas necesarios para la implementación de las metodologías, se analizarán sus capacidades y sus limitaciones.

5. Conceptualización de la propuesta.

Finalmente, se describirá con precisión la metodología propuesta con el objeto de que pueda ser exportable a otros escenarios geográficos.

El desarrollo de las metodologías propuestas se basa en el uso de los siguientes instrumentos informáticos: ArcGIS (ESRI), MsExcel, MsAccess, LimeSurvey, SPSS, @RISK, Java, VisualBasic, Designer.

1.4.3. Aplicación de las metodologías desarrolladas en las zonas de estudio

Se ha realizado un ensayo de las metodologías propuestas en una zona de estudio según la realización de las siguientes tareas:

1. Descripción de las zonas de estudio

Se ha realizado una descripción geográfica simplificada de la zona objeto de estudio correspondiente a la isla de Mallorca. Para ello ha sido necesaria la consulta bibliográfica, la consulta de diversas fuentes de información.

Esta tarea ha incluido la consulta a diversas fuentes de información: censos de población, mapa topográfico balear, Instituto Balear de Estadística, Bases de Datos de la Conselleria de Medi Ambient, Direcció General d'Ordenació del Territori, Ministerio Administraciones Públicas, Instituto Nacional de Estadística, datos de elaboración propia, etc..

2. Creación de una base de datos territorial para la evaluación de la vulnerabilidad y la simulación de daños postcatástrofe.

A partir de la información recogida en la fase de diagnóstico se procedió a la construcción de una base de datos territorial en formato SIG integrando diversas variables de tipo vectorial y raster. El programa utilizado ha sido el ArcGIS vers. 9.3.

3. Generación de nuevas variables.

Mediante técnicas de análisis espacial se procedió a la obtención de variables territoriales, con interés desde el punto de vista del análisis del riesgo y la vulnerabilidad, como por ejemplo; pendientes, proximidad de zonas urbanizadas, densidad de la red viaria, etc.

4. Análisis de la vulnerabilidad territorial.

Se ha procedido a la aplicación de la metodología propuesta para el análisis de la vulnerabilidad territorial en la isla de Mallorca. Su explicación detallada se incorpora en el capítulo correspondiente.

5. Evaluación de daños postcatástrofe.

Finalmente se realizó la evaluación de daños/estimación de pérdidas de una zona de la Serra de Tramuntana, afectada de forma hipotética por un incendio forestal.

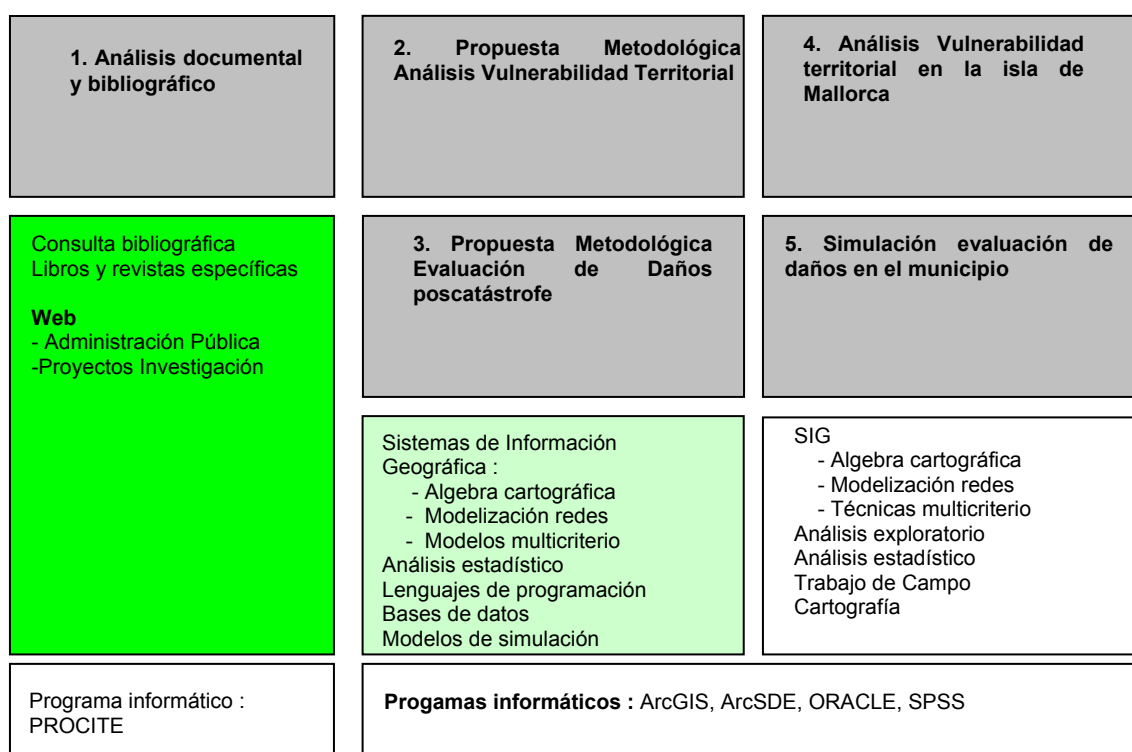


Figura 1.3. Métodos y técnicas aplicadas

2. Vulnerabilidad a peligros naturales y Evaluación de Daños Postcatástrofe

2.1. Introducción

Los aspectos geográficos juegan un papel determinante en el análisis del riesgo territorial y la evaluación de sus componentes, como son el peligro, la exposición o la vulnerabilidad, etc. Asimismo, las distintas fases del ciclo de la gestión de riesgos (preparación, mitigación, emergencia, recuperación, etc.) poseen un carácter marcadamente geográfico. A este respecto, Granger (GRANGER, JONES, et al., 1999) señala: *"The vast majority of information, relationships and processes involved in understanding risk are spatial in nature"* pp.4.

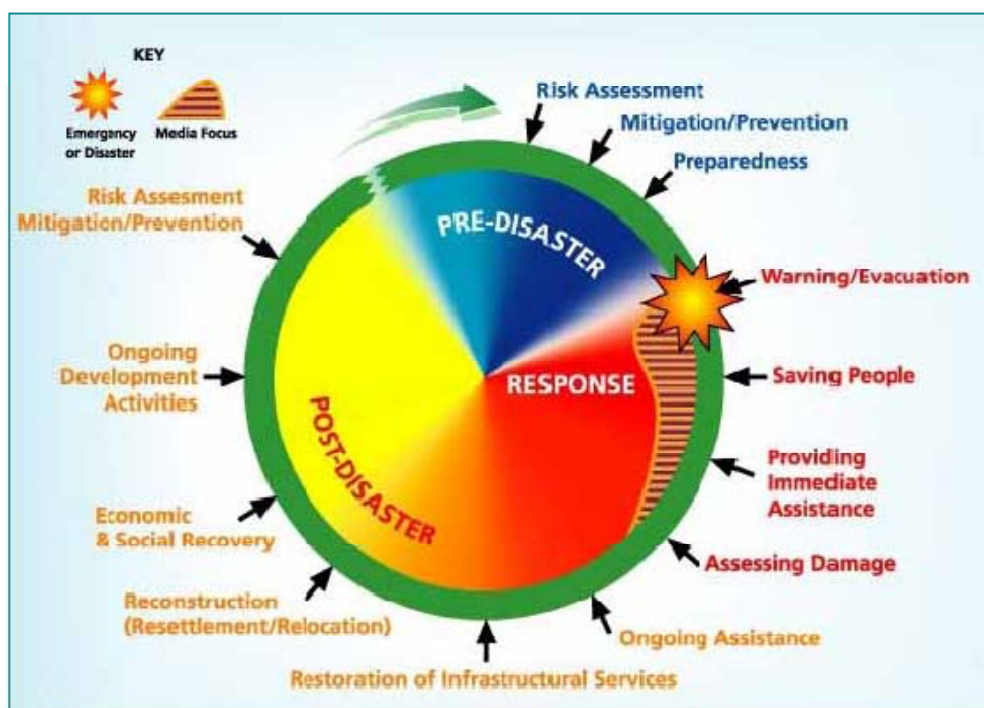


Figura 2.1. Ciclo de la Gestión de los Riesgos. *Disaster risk management cycle diagram (DRMC)*. Representa el ciclo de los riesgos. Éste se divide en tres fases principales: el pre-desastre, la respuesta, y el postdesastre. A su vez, cada una de ellas se descompone en un conjunto de etapas más o menos secuenciales. Todas las fases y etapas hacen referencia a un ámbito geográfico afectado por un determinado tipo de catástrofe (inundaciones, terremotos, etc.).

Fuente: Australian Development Gateway. *Sustainable development through sharing knowledge*. Australian
<http://www.dca.state.fl.us/fdcp/DCP/PDRP/Disaster%20Risk%20Management%20Cycle.pdf>
 [Consulta : 14.05.2008]

Entendemos el riesgo como la probabilidad de que se produzca un evento y genere pérdidas en un período de tiempo. El riesgo puede ser medido en diversas unidades: pérdidas económicas, número de vidas, cosechas destruidas, edificios derrumbados, etc.

Además de los riesgos, los propios desastres naturales poseen siempre una componente espacial que los ubica en una localización geográfica, delimita su ámbito territorial de afectación y condiciona sus efectos. Para que se produzca una catástrofe tienen que advertirse dos circunstancias: en primer lugar, que se produzca un fenómeno (lo que llamamos peligro o

amenaza) de tipo natural (por ejemplo, terremoto, inundación, deslizamiento) o antrópico (por ejemplo, químico, terrorismo, etc.) y, en segundo término, que exista una predisposición de la población, de las infraestructuras, de la actividad económica, o del medioambiente a padecer daños y pérdidas a causa de dicho evento, lo que conocemos por **vulnerabilidad** y cuyo estudio será objeto de esta investigación.

En este trabajo, con objeto de acotar nuestro ámbito de estudio, nos centraremos en el análisis de los peligros y desastres de origen natural. La investigación se orienta especialmente al análisis de la vulnerabilidad y evaluación de daños de fenómenos de tipo violento y cuya capacidad de transformación del entorno sea tan alta que puedan dar lugar a pérdidas humanas, así como que sean fenómenos cuya naturaleza permita la posibilidad de intervención. También nos centraremos en aquellos eventos que tienen una dimensión espacial zonificable y se producen en una escala temporal reducida. Por ello se excluyen peligros de ciclo lento como sequías o erosión, heladas, granizadas, o caída de meteoritos, etc. Sin embargo, muchas de las conclusiones a las que llegaremos podrían ser aplicables a otro tipo de peligros independientemente de su incidencia y etiología. El enfoque del trabajo no es propiamente el peligro, sino las vulnerabilidades.

A pesar de la relevancia manifiesta de la componente geográfica, tal y como remarca Calvo Garcia-Tornel el desarrollo de estudios geográficos sobre riesgos naturales es relativamente reciente. Asimismo, Calvo apunta además que *“es posible también advertir la escasa reflexión teórica y la preferencia por el análisis de episodios concretos, a veces no definidos adecuadamente como riesgos”* (CALVO GARCÍA-TORNEL, 2000).

El Boletín de la A.G.E. nº 30 del año 2000 se dedicó de forma monográfica al estudio de los riesgos naturales. Su prólogo de presentación llevaba por título *Riesgos Naturales, Disciplina Geográfica de Futuro*. En dicho número se evidenciaba la necesidad de promover la investigación en esta temática y en concreto, de fomentar el desarrollo de un cuerpo conceptual desde la visión geográfica (<http://age.ieg.csic.es/boletin/30/00.pdf> [Consulta 20.11.09]) .

Desde esa fecha hasta la actualidad la situación científica ha mejorado ostensiblemente, por desgracia debido al fuerte impacto social y económico derivado de las numerosas catástrofes de diversas etiologías acontecidas en distintas latitudes durante el último decenio (Tsunami 2004, Katrina 2005, Haití 2010, etc.). Ello se ha manifestado en una mayor dedicación de la comunidad científica a la temática del riesgo, lo que sin duda ha tenido un reflejo directo en el incremento de la producción científica, especialmente de ámbito internacional. Sin embargo, es frecuente advertir la focalización de los trabajos en el estudio de las amenazas, frente al estudio de otras componentes del riesgo como la exposición o la vulnerabilidad, (BUJ, 1997).

En concreto, el análisis de la vulnerabilidad territorial a los riesgos naturales ha sido escasamente tratado por los estudios geográficos españoles. Calvo Garcia-Tornel remarca en un

artículo científico dedicado a la evaluación de la producción científica de la geografía española (CALVO GARCÍA-TORNEL, 2000) que “predomina aún muy ampliamente el estudio de casos concretos; el descuido de aquellos aspectos del entorno social y económico ... ; y apenas se ha abordado el estudio de la situación de vulnerabilidad ante el riesgo de las poblaciones ...”. A partir de un profundo análisis bibliográfico, Calvo destaca que el desarrollo de estudios geográficos sobre riesgos naturales es relativamente reciente en España. Asimismo, indica que la mayor atención se ha prestado al estudio de las inundaciones y los incendios forestales. (ESPEJO & CALVO, 2004) .

El estudio de los riesgos se ha enfocado tradicionalmente sobre la base del estudio de la peligrosidad. En particular, en los países desarrollados, el análisis de la amenaza recibe una atención desproporcionada frente al estudio de otros aspectos (HEWITT, 1997). Sin embargo, en los últimos decenios se está abriendo una apasionante línea de trabajo, que considera la vulnerabilidad de las poblaciones, como la causa fundamental de la transformación de un fenómeno natural en desastre.

El término “*vulnerabilidad*” fue utilizado por primera vez en un contexto territorial por la Universidad de Chicago durante la primera mitad del siglo XX en relación a la condición geográfica del valle del Mississippi, sometido a un peligro constante frente a la inundación. El estudio de los riesgos naturales se inicia en 1927, cuando el Cuerpo de Ingenieros de EEUU realiza una investigación coordinada sobre cuencas fluviales para el estudio de la irrigación, la producción hidroeléctrica y la navegación y también consideran el riesgo de inundación (“308 informes”), lo que daría lugar a la *Flood Control Act*. Pero la primera referencia de ámbito nacional en la evaluación de peligros se realizó en 1972, en el *Institute of Behavioral Science* en la *University of Colorado*. Se trataba de un proyecto financiado por la *Nacional Science Foundation* y dirigido por el geógrafo Gilbert White y por el sociólogo J. Eugene Hass. Era un estudio interdisciplinar de alcance territorial, en el que participaron planificadores, técnicos e investigadores de toda la nación. (Assessment of Research on Natural Hazards in the United States, 1975)(WHITE & HAAS, 1975).

El concepto de vulnerabilidad es aplicable a cualquier sistema que interactúe con su entorno: los sistemas sociales, ambientales, económicos, territoriales, etc., todos pueden ser vulnerables. Por ello, en la actualidad el término vulnerabilidad es utilizado profusamente en diversos ámbitos científicos (por ejemplo, cambio global, desarrollo económico, riesgos territoriales, etc.), pero su significado puede ser sustancialmente diferente. Se trata de una propiedad relativa enmarcada en un contexto temático determinado. Se dice que un sistema puede ser vulnerable o resiliente frente a ciertas acciones. En este sentido la resiliencia se interpreta como un término opuesto al de vulnerabilidad.

La vulnerabilidad territorial a los desastres naturales está ,en medida, condicionada por la propia percepción del riesgo por parte de las comunidades. A este respecto Cardona

(CARDONA, 2003) propone que los enfoques tradicionales del riesgo “*constructivista*” (obtenido a partir de su percepción individual, representaciones sociales e interacción con agentes sociales) y “*realista*” (el riesgo y la vulnerabilidad se puede cuantificar y evaluar objetivamente), deberían fundirse para dar lugar a un concepto holístico, en el cual la vulnerabilidad debería relacionarse no sólo con la exposición o la susceptibilidad física de los elementos expuestos, sino también con fragilidades sociales y la falta de resiliencia.

Birkman, apunta que la comunidad internacional ha puesto en marcha sistemas de respuesta globales a los desastres, pero que todavía es preciso desarrollar sistemas de evaluación de la vulnerabilidad: “*The international community has established global disaster response mechanism... In contrast, the development of a common methodology to identify and measure risk and vulnerability to disaster in order to define disaster-risk management and disaster-relief priorities is still not sufficiently developed.* (BIRKMANN, 2007).

En su trabajo sobre la vulnerabilidad del distrito metropolitano de Quito D’ERCOLE et al. (D’ERCOLE & METZGER, 2004) incide más en este enfoque, remarcando que , “*pese a que hoy en día abundan las investigaciones en torno a los riesgos, se observa a nivel mundial un sensible incremento de las pérdidas humanas, materiales y financieras vinculadas a las catástrofes. Se puede entonces considerar que la concepción clásica del riesgo, que actualmente es objeto de cierto consenso en el ámbito de la investigación, no es un buen camino* “. La propuesta de D’ERCOLE es cuestionarse qué es importante desde el punto de vista territorial y qué se podría perder como consecuencia de un desastre, para interesarse luego en sus diferentes formas de vulnerabilidad. En ese enfoque, los elementos esenciales y su vulnerabilidad pasan a ser el centro de la definición y el análisis de los riesgos, sobre el estudio de las amenazas.

El proyecto de investigación de Naciones Unidas “*Vulnerability to Floods*” (<http://www.ehs.unu.edu/category:39?menu=82> [Consultado 12.09.2008]), remarca el hecho de que las consecuencias de los desastres, en ocasiones están más vinculadas a la vulnerabilidad que a las propias características del evento natural: “*The focus of research in the field of risk and natural disaster is often dominated by the analysis, measurement and prognosis of natural phenomena It becomes more and more evident that the intensity and frequency of natural hazards are not the only factors which determine whether natural phenomena will cause a disaster. Other relevant factors are the vulnerability of the affected society; economy and its critical infrastructure as well as its ability to cope with impacts of the natural hazard*”.

Esta visión está caracterizada por fomentar las acciones preventivas y de mitigación de la vulnerabilidad, con objeto de dotar a los países de mayor resiliencia frente a los peligros naturales. Las actuaciones de planificación realizadas antes de los siniestros tienen un efecto que supera a los beneficios sociales y económicos obtenidos al desarrollar instrumentos de gestión de la emergencia. Aunque los gobiernos ,generalmente, continúan dedicando sus esfuerzos a la

respuesta y recuperación, los estudios muestran que a medio y largo plazo, son más efectivas las inversiones en preparación y mitigación de peligros naturales. Así, el conocimiento de la vulnerabilidad y la resiliencia es la actividad que más efectos positivos tiene en la reducción de impactos de las catástrofes tanto en escalas temporales de minutos como en décadas (MURPHY, 2005).

La reducción de la vulnerabilidad es la mejor estrategia a seguir para minimizar los efectos de las catástrofes naturales. En esta línea Tamura apunta “.. *if people world prepare for an earthquake and strengthen their buildings, it is possible to decrease the cost of repairing building damage and the number of injured and dead people*” (TAMURA, YAMAMOTO, et al., 2000) pp.461

Con el mismo enfoque Alonso Climent (ALONSO CLIMENT, 2002) señala que “*el énfasis debe situarse sobre la vulnerabilidad como principal agente activo de los desastres naturales y, por ello, partiendo de que la vulnerabilidad no se determina por fenómenos peligrosos, sino por ciertos procesos sociales, económicos y políticos*”. También resalta que el papel de la geografía en el análisis de los riesgos y la vulnerabilidad debe orientarse a la comprensión del fenómeno de manera holística y no limitada al análisis y diagnóstico de los riesgos. Se debe profundizar en soluciones, plantear alternativas comprometidas con el desarrollo sostenible en términos de participación y diálogo social. La geografía debe centrarse en contribuir a la utopía de la reducción de la inequidad, causa principal de los desastres.

Algunos autores empiezan a hablar de un nuevo ámbito científico conocido como la “ciencia de la vulnerabilidad” (CUTTER, 2003) : “*Vulnerability science helps us understand those circumstances that put people and places at risk and those conditions that reduce the ability of people and places to respond to environmental threats. Vulnerability science provides a basis for risk, hazard, and disaster reduction policies. It integrates the constructs of risk (exposure), hazard, resilience, differential susceptibility, and recovery/ mitigation.*”.

Cutter (CUTTER, 2003) señala que la ciencia de la vulnerabilidad requiere una visión integrada y multidisciplinar para explicar las interacciones entre los sistemas sociales, naturales y artificiales (*engineered systems*). La vulnerabilidad puede hacer referencia a individuos, grupos o sistemas. De la misma manera, posee una manifestación geográfica en forma de lugares peligrosos. Utiliza tanto métodos cualitativos como cuantitativos, y utiliza datos históricos, así como técnicas de modelización. Cutter describe un conjunto de líneas de trabajo relevantes en el estudio de la vulnerabilidad desde la perspectiva geográfica:

- Estudio de las fuerzas impulsoras que amplifican o atenúan la vulnerabilidad,
- Relocalización del riesgo,
- Pronóstico de pérdidas e impactos,
- Desarrollo de modelos integrados de vulnerabilidad,

- Indicadores,
- Visualización y representación de la vulnerabilidad,
- Toma de decisiones frente a las amenazas,

El interés por agrupar las distintas ramas del saber de los riesgos en una nueva disciplina científica no es nuevo. En una reunión de la UNESCO sobre riesgos tecnológicos en 1987, se propuso la expresión “geo-cíndica” como la ciencia del riesgo. Sin embargo, esta acepción no ha tenido ninguna trascendencia. La geografía de los riesgos aglutinaría el conjunto de disciplinas en torno al estudio de los peligros y vulnerabilidades que acontecen en un espacio geográfico.

Blaikie y otros (BLAIKIE, CANNON, et al., 1994) entienden la vulnerabilidad como una de las claves para comprender el desastre, desde el punto de vista de que vulnerabilidad es sinónimo de pobreza, pérdidas en el pasado, así como susceptibilidad de futuras pérdidas.

A este respecto, Chambers señala que *“Vulnerable and vulnerability are common terms in the lexicon of development, but their use is often vague. They serve as convenient substitutes for ‘poor’ and ‘poverty’ and allow planners and other professionals to restrain the overuse of those words.”*(CHAMBERS, 2006)

Terry Cannon (CANNON, 1994), argumenta de forma concisa que mientras los peligros son naturales, los desastres no lo son. Bankoff señala (BANKOFF, 2003) en un análisis sobre la vulnerabilidad de la ciudad de Manila (Filipinas) que *“social systems generate unequal exposure to risk by making some people more prone to disaster than others and that these inequalities in risk and opportunity are largely a function of the power relations operating in every society”*.

La vulnerabilidad de la población y el territorio se interpreta como una de las claves para convertir un evento natural en desastre. La vulnerabilidad varía entre países, regiones, provincias, ciudades, comunidades, clases socioeconómicas, castas, géneros, vecinos. Tal y como remarcan Del Moral y Pita), los riesgos no pueden delimitarse social ni espacialmente con facilidad : *“Sin embargo, la clásica distribución desigual de la vulnerabilidad no ha desaparecido, las líneas divisorias de la sociedad del riesgo abandonan paulatinamente las viejas fronteras de clase y pasan a dividir, por un lado a quienes soportan riesgos potenciales, frente a quienes, por otro lado, soportan más difusamente tales riesgos”*. (DEL MORAL ITUARTE & PITA LÓPEZ, 2002) pp. 85.

Inciendiando sobre esta misma tesis, hasta hace pocos años los desastres se consideraban fenómenos extraordinarios cuyas podrían evitarse. YODMANI señala que *“only way to deal with disasters was by public policy application of geophysical and engineering knowledge. These approaches looked at disasters as exceptional events, not related to the ongoing social*

and development processes” (pp.1) Asimismo, Yodmani remarca que las iniciativas realmente basadas en la reducción de la vulnerabilidad social y económica son hasta ahora escasas y en general poco dotadas. *“There are initiatives aimed at reducing social and economic vulnerability and investing in long-term mitigation activities. Unfortunately such initiatives aimed at prevention and mitigation are few, poorly funded and insignificant in comparison with money spend by donors and development banks on humanitarian assistance and relief, as well as on post disaster reconstruction* (YODMANI, 2001, pp.2).

A nivel internacional se viene desarrollando una densa agenda de conferencias y convenios en materia de los riesgos territoriales, en los cuales la reducción de la vulnerabilidad ha ido adquiriendo un especial protagonismo (Tabla 2.1.).

1980: El Consejo de Europa pone en marcha la plataforma EUR-OPA Major Hazards Agreement. Se trata de un marco político y técnico para la cooperación entre países del ámbito europeo y especialmente mediterráneo en la lucha de riesgos naturales y tecnológicos. (http://www.coe.int/T/DG4/MajorHazards/Default_en.asp [visitado 14.08.2008])
1989 : ISDR 1990 / 1999: Promoción de la reducción de desastres naturales y tecnológicos. Naciones Unidas pone en marcha el desarrollo de la International Strategy for Disaster Reduction “ <i>Enabling all societies to become resilient to the effects of natural hazards and related technological and environmental disasters, in order to reduce human, economic and social losses</i> ” (http://www.unisdr.org/unisdr , [visitado 14.08.2008]). Después en el 2002, el ISDR publicaría el libro “Living with Risk” (http://www.unisdr.org/eng/about_isdr/bd-lwr-2004-spa.htm [visitado 14.08.2008]) con las principales conclusiones de los trabajos del ISDR a lo largo del decenio.
1994 : Estrategia y Plan de Acción Yokohama : Primer borrador para la reducción de desastres (orientación social / comunidad)
2000 : Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (<i>International Strategy for Disaster Reduction</i> (ISDR)) <i>increase public commitment and linkage to sustainable development enlarged networking and partnerships</i> .Mecanismos : IATF/DR, ISDR secretariat, UN Turst Fund
2002 : Plan de Acción de Johannesburgo. Incluye una sección dedicada a la reducción de la vulnerabilidad, evaluación de riesgos y gestión de desastres
2005 : Marco de Acción de Hyogo. WCDR : Hyogo Framework for Action 2005/2015 Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters. El Plan de Acción 2005-2015 contiene el objetivo de reducir la vulnerabilidad y el riesgo a través de la mejora del conocimiento de la vulnerabilidad física, social, económica y ambiental. (http://www.unisdr.org/eng/hfa/docs/Hyogo-framework-for-action-spanish.pdf [visitado 04.02.2010])
2007 – Plataforma Global para la Reducción de Desastres. Global Platform for Disaster Risk Reduction, Geneva 5-7 June.

Tabla 2.1.. Agenda Internacional para la Reducción de desastres

Fuente : Elaboración propia

El subcomité para la reducción de desastres de los Estados Unidos (<http://www.sdr.gov/> [consulta 15.12.2008]) (SDR) desde hace unos años promueve intensamente el desarrollo científico y tecnológico para la investigación de los desastres naturales, sus causas y consecuencias. (SUBCOMMITTEE ON DISASTER REDUCTION, 2003). En parte motivado por fomentar el estudio de las catástrofes de origen natural y antrópico (especialmente a raíz de

los atentados del 11-09-2001), el SDR señala seis áreas de orientación de la investigación a las cuales deberían dedicarse recursos y energía para contribuir a la reducción de los riesgos:

1. Fomentar del conocimiento de los peligros naturales y tecnológicos.
2. Mejorar las capacidades de captación de datos y herramientas de predicción.
3. Fomentar el desarrollo y la transferencia de los modelos de evaluación de riesgo en sistemas de ayuda a la decisión.
4. Acelerar la transición de la investigación de peligros hacia la gestión.
5. Incrementar las actividades de mitigación (a través de la reducción de vulnerabilidad).
6. Mejorar las capacidades de comunicación del riesgo, especialmente técnicas de alerta temprana y comunicación al público.

El SDR enfatiza la necesidad de transferencia científica de la investigación técnica y pone en relieve la importancia de la reducción de la vulnerabilidad como factor clave en la minimización de los efectos negativos de las catástrofes.

El Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (NACIONES UNIDAS. PNUD , 2004, pp. 7) propuso en el 2004, un conjunto de líneas prioritarias de trabajo e investigación a desarrollar en el campo de los riesgos, entre las que se potencia el estudio de la vulnerabilidad. Estas líneas de actuación son las siguientes:

- Perfeccionar la definición de índices de riesgos y vulnerabilidad a nivel mundial, nacional y regional, que provean información a los mecanismos institucionales de toma de decisiones.
- Definir un sistema de información global del riesgo que se articule en diferentes escalas geográficas, internacional, nacional y local.

Los acontecimientos terroristas (11/09/01), así como los efectos devastadores de los últimos desastres (tsunamis, terremotos...) han sensibilizado a la sociedad y a la comunidad científica para que la vulnerabilidad se convierta en un tema de creciente actualidad. El concepto de vulnerabilidad se extiende a diversos ámbitos; así, se habla de vulnerabilidad de mercados, de instituciones, de ciudades, de poblaciones, de géneros, de grupos étnicos, de municipios, de regiones, de naciones, de continentes, del planeta. (HOGAN & MARANDOLA, 2005). Los peligros naturales y tecnológicos se combinan junto a una degradación generalizada del planeta y un incremento de población descontrolado. Por ello, ningún espacio está a salvo de esta explosiva combinación de factores que extienden la vulnerabilidad a todos los rincones del globo.

En su libro sobre la sociedad del riesgo el sociólogo Ulrich Beck alertaba sobre la democratización y globalización de los riesgos: *“La miseria es jerárquica, el smog es democrático”*((BECK, 1986, pp. 42) . Afirmaba que la producción social de la riqueza va acompañada sistemáticamente por la producción social de riesgos. En la actualidad las

reflexiones de Beck están plenamente validadas. El cambio climático como fenómeno global de responsabilidad global es el principal aglutinador de la globalización del riesgo. En este contexto la vulnerabilidad se convierte en una propiedad común para el hombre y sus actividades desde el contexto local al global. El propio Beck hacía la siguiente reflexión varios años después de la edición del mencionado libro (BECK, 2000): *“Los pilares básicos que sustentaban la teoría de la sociedad del riesgo a principios de los noventa se mantienen en el siglo XXI, a la vez que se refuerza su carácter global, hasta el punto de que hoy la –sociedad del riesgo– ha pasado a ser la –sociedad del riesgo global–.”*

La percepción del riesgo y la vulnerabilidad por parte de la sociedad también es una cuestión compleja en la que los medios de comunicación, la Administración Pública y la política juegan un papel fundamental. Es común el desarrollo de un proceso de amplificación deliberada de algunos peligros y desastres, mientras que en otros se intenta encubrir su importancia. (KASPERSON & KASPERSON, 1996).

El análisis de daños y de pérdidas provocados por un desastre natural (daños postcatástrofe) debe considerarse una práctica enmarcada en un planteamiento preventivo frente al riesgo, desde la perspectiva de *“aprender de la catástrofe”*. Una evaluación rigurosa de daños puede servir como sistema de calibración de los modelos de predicción del peligro. Las tareas de evaluación de daños y pérdidas deben basarse en el conocimiento y la valoración de los elementos del patrimonio territorial (usos, ocupaciones, actividades, etc.), potencialmente afectados por un episodio catastrófico. Ello implica el conocimiento de su vulnerabilidad frente a los peligros naturales.

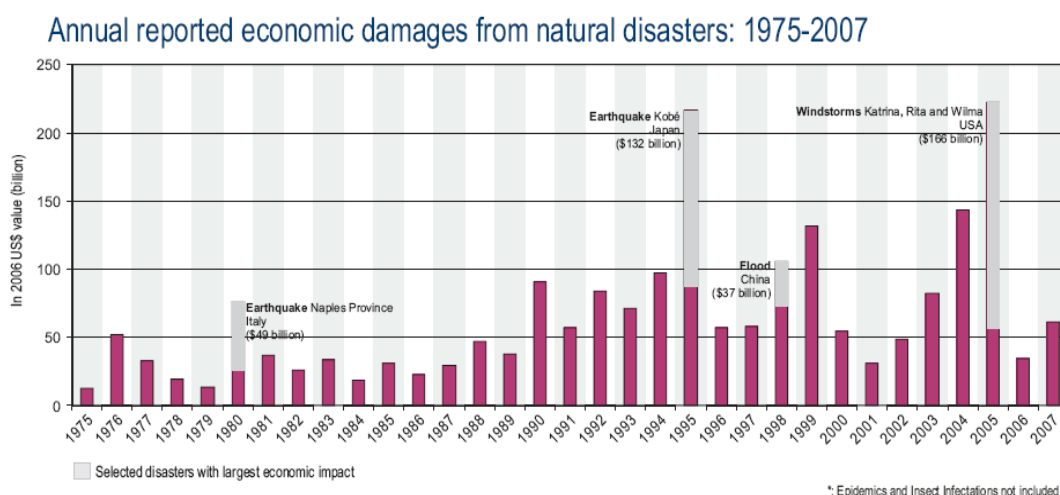


Figura 2.2. . Daños derivados de desastres naturales

Fuente : 2007 Disasters in Numbers. ISDR-CRED.

<http://www.unisdr.org/eng/media-room/facts-sheets/2007-disasters-in-numbers-ISDR-CRED.pdf>

[Consulta : 14.05.2008]

La figura 2.2. muestra la evolución de los daños económicos producidos por los desastres naturales en los últimos treinta años. Se observan dos tendencias significativas: en primer lugar,

una orientación al incremento de daños, y en segundo lugar, la aparición de fenómenos catastróficos excepcionales que han producido desastres con pérdidas económicas extraordinarias.

El estudio de las pérdidas económicas producidas por los desastres naturales, alerta acerca de la importancia y trascendencia de sus consecuencias y fomenta el desarrollo de una cultura de la prevención. Si bien en un primer momento esa prevención iba encaminada a la reducción del peligro, en los últimos años las estrategias de mitigación van más orientadas hacia la rebaja de la vulnerabilidad, ya sea en la reducción de la exposición de bienes y personas a la amenaza, o en dotar de mayor resistencia a los bienes expuestos. En ese enfoque, no solo es importante conocer el coste económico de las catástrofes, sino también saber qué es lo que se ha dañado, cómo se ha dañado, por qué se ha dañado, y otros aspectos relacionados. El desarrollo de acciones sobre esos factores redundará en una reducción de los efectos económicos del desastre.

Éste es el punto de ligazón entre el análisis de vulnerabilidad y la evaluación de daños post catástrofe que es objeto de este trabajo. De facto, la evaluación de daños podría considerarse un tipo de análisis de la *vulnerabilidad emergente* o *revelada* tras el desastre. La identificación y evaluación de las áreas, grupos o infraestructuras dañadas, significa de forma implícita, el diagnóstico de la vulnerabilidad. Por ello, para asegurar que se realiza una recuperación y reconstrucción sostenible es preciso identificar dicha vulnerabilidad.

2.2. Vulnerabilidad: Definición

Una de las cuestiones clave que entorpece el avance de la investigación sobre los riesgos territoriales, y en concreto de la vulnerabilidad, es la falta de un consenso común de los investigadores en su definición. El interés por los riesgos y la vulnerabilidad es creciente y arranca de diversas disciplinas científicas (geografía, sociología, economía, geología, cambio global, seguridad alimentaria, desarrollo, ingeniería, etc.). Desde dichas áreas han emanado variadas definiciones sobre riesgo y vulnerabilidad. Además, el concepto de vulnerabilidad ha manifestado una importante evolución en su definición desde los años 70 hasta la actualidad, momento en que ha adquirido una mayor amplitud y relevancia, incorporando, además de aspectos físicos elementos de índole social, ambiental, y económica.

El origen del estudio de la revisión de los conceptos relacionados con el riesgo y su gestión, está en la llamada escuela de “ecología humana” del Departamento de Geografía de la Universidad de Chicago, a partir de los años 60, promovida por White, R.W. Kates y I. Burton (WHITE and HAAS 1975). En dicha escuela se incorpora el concepto del impacto humano sobre el entorno, los desastres ecológicos, la demografía y el análisis de la respuesta de los seres humanos a su entorno a nivel genético, fisiológico, conductual o cultural.

En un reciente estudio bibliométrico realizado por Jassen et al. (JANSSEN, SCHOON, et al., 2006) en el que se analizan los dominios del conocimiento de los conceptos de resiliencia, vulnerabilidad y adaptación entre 1967 y 2005 y en el que se han analizado un total de 2.286 publicaciones, se evidencia un interés creciente por esta temática a partir de 1995. Los resultados demuestran que la vulnerabilidad y la adaptación aparecen, mayoritariamente, en el área de la geografía y los riesgos naturales, especialmente en el ámbito de estudios de casos e investigación sobre el cambio climático, mientras el término de resiliencia aparece más ligado al ámbito de la ecología y las matemáticas. (Figura 2.3.)

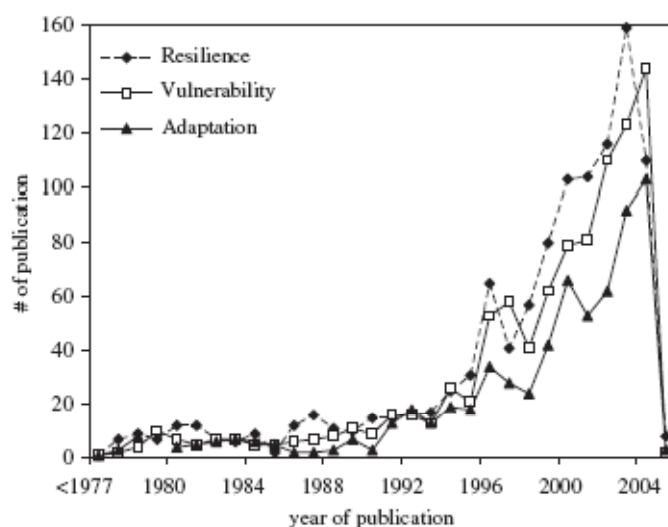


Figura 2.3. Artículos publicados con referencia a los conceptos de resiliencia, vulnerabilidad y adaptación desde 1977 a 2004.

Fuente : (JANSSEN, SCHOON, et al. , 2006, pp. 243)

Se constata que , en la literatura científica el término vulnerabilidad es definido de formas muy diversas llegando a hacerse confusa su interpretación. Ezell (EZELL, 2007, pp.572) señala: *“It’s important to clarify the definitions because practitioners and governments struggle with methodologies and associated terms that lack clarity in the academic community”*.

Anderson-Berry apunta a la vulnerabilidad como la causa principal de los desastres: *“It is convincingly argued that the attribute that causes a natural hazard to become a disaster is the vulnerability of the individual or the community”* (ANDERSON-BERRY, 2003, pp. 212), a pesar de que señala que el concepto de vulnerabilidad todavía está en un proceso de definición: *“Vulnerability is a concept that researchers are struggling to definitively explain”*.

Janos J. Boardi, director del UNU-EHS, remarca en un texto de Villagran de Leon (VILLAGRAN DE LEON, 2006), que a pesar de la falta todavía de un marco teórico y conceptual establecido en el estudio de la vulnerabilidad, es importante seguir avanzando en esta temática: *“However, practice could not wait till theoretical debates were settle. In the meantime assessment techniques have been developed at different scales and for different*

purpose. Yet, there is no general consensus in definitions, terminology, not mention policy relevant indicators and indices.”.

Villagran (VILLAGRAN DE LEON, 2006), también revela la falta de clarificación del término vulnerabilidad, a la que diversos grupos de investigación y profesionales le vienen dando diversos significados: *“Academia, Disaster management agencies, The climate change community and Development agencies. The different views on vulnerability arise as a consequence of the needs confronted by each particular group to address particular issues of the potencial impacts of disasters”.*

Omar D. Cardona, (CARDONA, 2005) recalca la necesidad de medir la vulnerabilidad con objeto de reducir el riesgo, evidencia la ausencia de una definición precisa y denuncia el uso indiscriminado del término, hecho que ha contribuido a la confusión y falta de claridad de su uso.

Adger (ADGER, 2006) advierte que la gran diversidad de acepciones de la vulnerabilidad es un signo de vitalidad de la investigación en esta materia.

En la misma línea, Down señala que en la literatura científica se le proporciona diversas connotaciones al análisis de vulnerabilidad en función de la orientación o perspectiva de la investigación (DOWN, 1992).

Es evidente que el problema de la definición de la vulnerabilidad, así como otros conceptos del ciclo de los riesgos, ha suscitado un importante debate científico (HEWITT, 1995). Un análisis bibliográfico sistemático (tabla 2.2.) nos proporciona una visión completa de la diversidad de acepciones del término vulnerabilidad (WEICHSELGARTNER, 2001)(FUCHS, HEISS, et al., 2007):

- *“Vulnerability is the threat (to hazardous materials) to which people are exposed (including chemical agents and the ecological situation of the communities and their level of emergency preparedness). Vulnerability is the risk context.” (GABOR & GRIFFITH ,1980)*
- *“Vulnerability is the degree to which a system acts adversely to the occurrence of a hazardous event. The degree and quality of the adverse reaction are conditioned by a system’s resilience (a measure of the system’s capacity to absorb and recover from the event).”(TIMMERMAN, 1981)*
- *“Vulnerability is the degree to which different classes of society are differentially at risk” (SUSMAN, O’KEEFE, et al., 1983)*
- *Vulnerability means the degree of loss to a given element or set of elements at risk resulting from the occurrence of a natural phenomenon of a given magnitude. It is expressed on a*

<i>scale from 1 (no damage) to 10 (total loss).”(VARNES, 1984)</i>
- <i>“Vulnerability is the capacity to suffer harm and react adversely.”(KATES R. ,1985)</i>
- <i>“Vulnerability is the thread or interaction between risk and preparedness. It is the degree to which hazardous materials threaten a particular population (risk) and the capacity of the community to reduce the risk or adverse consequences of hazardous materials releases.” (PIJAWKA & RADWAN, 1985)</i>
- <i>“Vulnerability is operationally defined as the inability to take effective measures to insure against losses. When applied to individuals, vulnerability is a consequence of the impossibility or improbability of effective mitigation and is a function of our ability to detect hazards”(BOGARD, 1988)</i>
- <i>“Vulnerability is the degree of the loss to a given element or set of elements at risk resulting from the occurrence of a natural phenomenon of a given magnitude and expressed on a scale from 0 (no damage) to 1 (total loss). In lay terms, it means the degree to which individual family community, class or region is at risk from suffering a sudden and serious misfortune following an extreme natural event” .(UNDRO, 1991)</i>
- <i>“Vulnerability is the differential capacity of groups and individuals to deal with hazards, based on their positions within physical and social worlds”(DOWN, 1992)</i>
- <i>“Vulnerability is function of the costs and benefits of inhabiting areas at risk from natural disaster” (ALEXANDER, 1993)</i>
- <i>“Vulnerability is the likelihood that an individual or group will be exposed to and adversely affected by a hazard. It is the interaction of the hazard of place (risk and mitigation) with the social profile of communities.”(CUTTER, 1993)</i>
- <i>“Vulnerability is defined in terms of exposure, capacity and potentiality. Accordingly, the prescriptive and normative response to vulnerability is to reduce exposure, enhance coping capacity, strengthen recover potential and bolster damage control via private and public means”.(WATTS & BOHLE, 1993)</i>
- <i>“Vulnerability is best definite as an aggregate measure of human welfare that integrates environmental, social, economic and political exposure to a range of potential harmful perturbations. Vulnerability is a multilayered and multidimensional social space defined by the determinate, political, economic and institutional capabilities of people in specific places at specific times”. (BOHLE, DOWNING, et al., 1994)</i>
- <i>Blaikie et al. (1994) : “A characteristic of a person or group in terms of their capacity to anticipate, COPE with, resist, and recover from the impact of a nature hazard”. (BLAIKIE, CANNON, et al. ,1994)</i>
- <i>“Vulnerability are those circumstances that place people at risk while reducing their means of response or denying them available protection.”(COMFORT, WISNER, et al., 1999)</i>
- <i>National Security Telecommunications Advisory Committee (1997). “A function of access and exposure. Vulnerable systems are systems that are exposed and accessible and therefore susceptible to natural hazards as well as wilful intrusion, tampering, or terrorism.”</i>
- <i>Emergency Management Australia (1998). “The degree of susceptibility and resilience of the community and environment to hazards”.</i>

-	<i>“Vulnerability is defined as the condition of a given area with respect to hazard, exposure, preparedness, prevention, and response characteristics to cope with specific natural hazards. Its is a mesure of capability of this set of elements to withstand events of a certain physical character”. (WEICHSELGARTNER & BERTENS, 2000)</i>
-	<i>Vulnerability to global environmental change has been conceptualized as the risk of adverse outcomes to receptors or exposure units (human groups, ecosystems, and communities) in the face of relevant changes in climate, other environmental variables and social conditions. (CLARK, JAGER, et al. ,2000)</i>
-	<i>Vulnerability is defined as characteristics of a person or a group in terms of their capacity to anticipate, cope with, resist and recover from the impact of a natural hazard. It involves a combination of factors that determine the degree to which someone’s life and livelihood are put at risk by a discrete and identifiable event in nature or in society.(WISNER, 2004)</i>
-	<i>“The conditions determined by physical, social, economic and environmental factors or processes which increase the susceptibility of a community to the impact of hazards” (ISDR. Naciones Unidas, 2004)</i>
-	<i>La vulnerabilidad refleja la susceptibilidad, la predisposición intrínseca a ser afectado, las condiciones que favorecen o facilitan que haya daño (CARDONA, 2005) Predisposición o susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad a ser afectada o de sufrir daños en caso que un fenómeno desestabilizador de origen natural o antropogénico se manifieste “. (CARDONA, 2003)</i>
-	<i>“Vulnerability is broadly understood as the predisposition to be hurt should and event beyond a certain (though again ill-defined) threshold of magnitude occur and impact the society, its economic assets, the ecosystem, or its infrastructure” (BOGARDI, 2006)</i>
-	<i>“Degree of fragility of a person, a group, a community or an area towards defined hazards. Vulnerability is a set of conditions and processes resulting from physical, social, economic and environmental factors that increase the susceptibility of a community to the impact of hazards. Vulnerability also encompasses the idea of response and coping, since it is determined by the potential of a community to react and withstand a disaster”. (KUMPULAINEN, 2006)</i>
-	<i>“Vulnerability is defined as the expected degree of loss for an element at risk as a consequence of a certain event. The resulting value is dependent on the impacting process intensity and the susceptibility of the element at risk and ranges from 0 (no damage) to 1 (complete destruction).” (FUCHS, HEISS, et al., 2007)</i>
-	<i>The state of being vulnerable or exposed; "exposure to ridicule" or "vulnerability to litigation". Susceptibility to injury or attack. http://www.websters-online-dictionary.org/definition/vulnerability [consultado 10.12.2010]</i>

Tabla 2.2. Definiciones de vulnerabilidad

Fuente : Elaboración propia

Del análisis de las definiciones presentadas en la tabla 2.2. , extraemos tres enfoques principales del concepto de vulnerabilidad:

- Interpretarla como la exposición a los peligros naturales. Algunos autores proponen la fusión de vulnerabilidad intrínseca al concepto de exposición (condiciones que hacen a las personas o a los lugares vulnerables (BURTON, KATES, et al., 1996); (ANDERSON, 2000).
- Entenderla como una propiedad física intrínseca (normalmente ligada a elementos del territorio: edificios, construcciones e infraestructuras), dependiente del tipo de peligro.
- Concebirla como una componente de base social descartando el enfoque físico y apostando por su condicionamiento social como última causa de la vulnerabilidad (una medida de la resistencia o resiliencia a los peligros) (BLAIKIE, CANNON, et al., 1994).

Son escasas las definiciones que describen la vulnerabilidad de forma integrada y todavía más aquellas que hacen referencia a su componente territorial (BROOKS, 2003).

También se proponen nuevos enfoques que integran las potenciales exposiciones al peligro junto a la resiliencia social e incorporan una componente geográfica que establece una escala de afectación (regional, local, zonal) (KASPERSON, KASPERSON, et al., 1995).

En uno de los trabajos básicos en el estudio de la vulnerabilidad territorial (CUTTER, 1996) Cutter realiza una interpretación de las distintas acepciones de la vulnerabilidad y las agrupa de la forma siguiente :

- Vulnerabilidad como una condición preexistente que afecta a los territorios a partir de su exposición al peligro. El grado de pérdidas asociadas a la ocurrencia de un evento.
- Vulnerabilidad como capacidad de hacer frente. Resiliencia social hacia los peligros. Básicamente se centran en la construcción social de la vulnerabilidad, en el cual se integran sus raíces históricas, sociales y culturales.
- Vulnerabilidad como peligro del lugar: *"hazard of place"*. Es una perspectiva más geográfica. Integra su componente biofísico y social, pero en el ámbito de un área geográfica.

En su artículo *"The vulnerability of Science and the Science of Vulnerability"*, Cutter evidencia, además la dificultad de los métodos científicos actuales para representar aquellos casos de la vulnerabilidad cuando la amenaza no es del todo conocida. En especial, para el caso del peligro por acciones territoristas, la realidad es que los modelos actuales no aciertan a dar una respuesta adecuada *"Despite some of the most sophisticated models, monitoring systems, and science in the World, we were unable to effectively anticipate and predict the series of cascading impacts"*

rendered by the attacks, nor were we able to completely understand and articulate the root causes of such actions” (CUTTER, 2003, pp.1).

Villagran (VILLAGRAN DE LEON, 2006), detalla que en la literatura científica el término “vulnerabilidad” es percibido de tres formas distintas:

- Como una condición particular o estado de unos sistemas, antes de que un evento se convierta en desastre, descrita en términos de criterios como: susceptibilidades, limitaciones, incapacidades o deficiencias.
- Como una consecuencia directa de la exposición a un peligro determinado
- Como la probabilidad de ocurrencia de un evento en términos de pérdidas potenciales, muertes o pérdidas económicas, o como la probabilidad de las personas o comunidades de reponerse.

La propuesta de Omar Cardona (CARDONA, 2007) presenta la vulnerabilidad como una predisposición de algo a ser susceptible, como un factor interno del riesgo, mientras que el peligro debe ser entendido como algo externo. Cardona señala tres factores como el origen de la vulnerabilidad:

- La exposición física, haciendo referencia al concepto geográfico de la exposición de los elementos territoriales (asentamientos humanos, comunidades) al riesgo.
- La fragilidad socio-económica (ligada a aspectos intrínsecos de la sociedad).
- La falta de resiliencia. Incorporaría el concepto de capacidad de hacer frente (movilización de recursos, previsión del desastre, etc.).

McEntire ha realizado un análisis de la percepción de la vulnerabilidad a los desastres desde el punto de vista de diversas disciplinas, lo cual proporciona una visión multidimensional al concepto, tal como ilustra la tabla 2.3. (McENTIRE, 2005). Se evidencia la gran diversidad de áreas temáticas en las que se hace uso del término vulnerabilidad y las diferencias y matices que cada una aporta.

Fiorucci (FIORUCCI, GAETAINI, et al., 2002) define la vulnerabilidad V/k , como la medida de la respuesta de cada objeto del territorio (qk), en términos de integridad física y pérdida directa de funcionalidad, como consecuencia de un estrés externo (provocado por un evento catastrófico).

Vogel y O'Brien (VOGEL & O'BRIEN, 2004) ponen de relieve un conjunto de atributos de la vulnerabilidad :

- Su carácter multidimensional y diferencial, desde la perspectiva geográfica (variando en el espacio) y a nivel de grupos sociales.

- Su dependencia a la escala espacio temporal (individuo, residencia, región, estado; corto, medio, largo plazo).
- Su dinamismo, de forma que sus atributos pueden ir variando en el tiempo.

Discipline	View(s) of vulnerability	Recommendation(s)
Geography	Vulnerability is determined by the use of hazard-prone areas	Land-use planning that takes into account hazards to reduce risk
Meteorology	Vulnerability is due to a lack of advanced warning of severe weather	Acquisition, creation and effective use of warning systems
Engineering	Vulnerability occurs when structures and infrastructure cannot withstand the forces of hazards	Design and construction of buildings and infrastructure that promote disaster resistance
Anthropology	Vulnerability emanates from constraining values, attitudes and practices	Alter attitudes to discourage risk-taking practices and susceptibility
Economics	Vulnerability is related to poverty and results in an inability to prevent, prepare for or recover from a disaster	Improve the distribution of wealth and purchase insurance to minimise losses and promote resilience
Sociology	Vulnerability is a product of inaccurate assumptions about disaster behavior and is related to race, gender, age, disability, etc	Understand behavioral patterns in disasters and pay attention to needs of special populations
Psychology	Vulnerability is a function of overlooking or minimizing risk and not being able to cope emotionally with stress and/or loss	Help people to recognize risk and provide crisis counseling to enable resilience
Epidemiology	Vulnerability is susceptibility to disease or injury and is related to malnutrition and other health factors	Improve provision of public health/emergency medical care before, during and after disasters
Environmental science	Vulnerability is proneness to environmental degradation, which may change weather patterns and produce long-term disasters	Conserve natural resources, protect green space areas, and ensure that debris management is performed in an environmentally conscious manner
Political science	Vulnerability is produced by the political structure and incorrect decision making	Alter structure of political system and educate politicians and legislators about disasters
Public administration	Vulnerability results from misguided laws, the failure to implement policies effectively, and an inability to enforce regulations	Strengthen response and recovery capabilities through preparedness measures, improved policy implementation and increased code enforcement
Law	Vulnerability results from negligence, which is a failure to act as reason or legal statutes dictate	Understand the law, alter statutes, and ensure compliance with widely accepted ethical practices in emergency management
Journalism	Vulnerability is a result of insufficient public awareness about hazards and how to respond to disasters	Dispel myths about disasters, foster increased media capabilities, and educate the public about hazards
Emergency management	Vulnerability is the lack of capacity to perform important functions before and after disaster strikes (e.g. evacuation, search and rescue, public information, etc.)	Foster public awareness about disasters and build capacities through hazard and vulnerability analyses, resource acquisition, planning, training and exercises
Homeland security	Vulnerability is due to cultural misunderstandings, permeable borders and fragile infrastructure, and weak disaster management institutions	Correct domestic and foreign policy mistakes, enhance counter-terrorism measures, protect borders and infrastructure, and improve WMD capabilities

Tabla 2.3. Enfoques del estudio de la vulnerabilidad
Fuente : (McENTIRE, 2005)

Para Pelling (PELLING & UITTO, 2001), la vulnerabilidad hace referencia a la exposición al riesgo y a la incapacidad de absorber un daño potencial. De esa forma, propone tres tipos de vulnerabilidades: vulnerabilidad física (haciendo referencia al ambiente físico), vulnerabilidad social (experimentada por la gente y sus sistemas sociales, económicos y políticos) y la vulnerabilidad humana (como combinación de la vulnerabilidad física y social).

Calvo Garcia-Tornel, restringe la vulnerabilidad a su componente social definiéndola como el *“grado de eficacia de un grupo social determinado para adecuar su organización frente a aquellos cambios en el medio natural que incorporan riesgo. La vulnerabilidad aumenta en relación directa con la incapacidad del grupo humano para adaptarse al cambio y determina la intensidad de los daños que puede producir. El concepto de vulnerabilidad es por tanto estrictamente de carácter social.”* (CALVO GARCIA-TORNEL, 1997).

Janssen, en el editorial de la revista Global Environmental Change (JANSSEN, 2006), intenta aclarar los conceptos de resiliencia, adaptación y vulnerabilidad. Expresa la dificultad que existe en encontrar una definición única para estos términos: *“In organizing this special issue, we initially experienced a Tower of Babel in hearing the diverse definitions made of core concepts. The diversity is largely explained by the distinct communities from which the concepts originate”*. En este trabajo Janssen define la vulnerabilidad a partir de sus raíces : *“The concept of vulnerability has its roots in the study of natural hazards and poverty. Vulnerability is defined in different ways, but it generally includes the attributes of persons or groups that enable them to cope with the impact of disturbances, like natural hazards. In the 1990s, natural hazards scholars started to focus on the vulnerability of people to impacts of environmental change, especially climate change. Geography provides the major disciplinary legacy”*.

WILCHES-CHAUX (WILCHES-CHAUX, 1993) introduce el concepto de vulnerabilidad global. A partir de la definición de la vulnerabilidad como *“la incapacidad de una comunidad para absorber, mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, o sea su inflexibilidad o incapacidad para adaptarse a ese cambio”* interpreta que la vulnerabilidad en sí misma es un sistema dinámico. Es decir, que surge como la interacción de una serie de características (internas y externas) que convergen en una comunidad particular. A esa interacción le da el nombre de vulnerabilidad global.

Ya hace más de 20 años, Timmermann, señalaba que *“vulnerability is a term of such broad use as to be almost useless for careful description at the present, except as a rhetorical indicator of areas of greatest concern”* (TIMMERMAN, 1981). También subrayaba que la vulnerabilidad ha sido relacionada como concepto equivalente al de resiliencia, marginalidad, susceptibilidad, adaptabilidad, fragilidad y riesgo, a los que Fussel (FUSSEL & KLEIN, 2006) añade exposición, sensibilidad, capacidad para hacer frente, etc.

Cannon (CANNON, 1994) identifica tres tipos básicos de vulnerabilidad:

- Vulnerabilidad en los sistemas de vida: formas en que un individuo o grupo está más o menos capacitado para superar un riesgo (ingresos, salud, fortaleza física, etc.).
- Capacidad específica de autoprotección frente a un peligro: grado de protección frente al riesgo de una

- individuo o comunidad. (pe. resistencia de edificaciones,...)
- Protección social: proporcionada por una esfera superior al individuo o comunidad, como el gobierno, que habilita sistemas para proteger a la población.

Birkman señala que algunas definiciones se orientan entendiendo la vulnerabilidad como un elemento intrínseco a los elementos independientes de otros parámetros, otras integran el concepto de exposición o hacen referencia a la capacidad de pérdidas, muertes y desastres provocados por un evento (susceptibilidad) o, por otro lado, hacen referencia a las capacidades de hacer frente, mecanismos para recuperarse (capacidad de hacer frente '*coping capacity*')(BIRKMANN & FERNANDO, 2007).

Abundando en esta visión, Birkman entiende la vulnerabilidad desde una perspectiva integrada incluyendo los siguientes dominios (Figura 2.4.):

- Vulnerabilidad como un factor de riesgo interno (intrínseco).
- Vulnerabilidad como la probabilidad a experimentar daño (en clave humana).
- Vulnerabilidad como la fusión de susceptibilidad y capacidad de hacer frente.
- Vulnerabilidad como una estructura múltiple en la que se incluye: susceptibilidad, capacidad de hacer frente, exposición y capacidad adaptativa.
- Vulnerabilidad como concepto multidimensional que incorpora componentes físicos, sociales, económicos, ambientales e institucionales.

Fernández Garrido, incluye a la vulnerabilidad entre los conceptos fundamentales del riesgo y analiza con detalle sus dimensiones espaciales, temporales y humanas, sus diferencias con respecto al riesgo y la peligrosidad, asignándole una dimensión humana predominante (Tabla 2.4.) (FERNANDEZ GARRIDO, 2006).

	Dimensión Espacial	Dimensión Temporal	Dimensión Humana (relación con la ocupación humana)
RIESGO	Zonificación	Probabilística	SÍ
PELIGROSIDAD	Zonificación	Probabilística	NO
CATÁSTROFE	Extensión	Concreta (momento y duración)	SÍ
FENÓMENO NATURAL EXTREMO	Extensión	Concreta (momento y duración)	NO
VULNERABILIDAD	Clasificación	Evolutiva	SÍ

Tabla 2.4. Enfoques del estudio de la vulnerabilidad
Fuente: (FERNANDEZ GARRIDO 2006) pp. 63

Por tanto, la vulnerabilidad engloba aspectos que están ligados propiamente a la amenaza y otros que son más genéricos, pero que influyen de forma directa sobre los efectos de los eventos

catastróficos. Algunos de dichos aspectos pueden ser cuantificables, pero otros son más cualitativos. El análisis de las definiciones anteriores evidencia la posibilidad de entender la vulnerabilidad desde distintas orientaciones:

- La vulnerabilidad desde el punto de vista de la descripción de elementos en riesgo y la forma que manifestará la pérdida o el daño tras una potencial catástrofe.
- La vulnerabilidad como característica intrínseca del sistema o elementos
- La vulnerabilidad condicionada al tipo de peligro, su frecuencia y su severidad
- La vulnerabilidad como factor independiente del peligro
- La dificultad de recuperarse del desastre como elemento de vulnerabilidad
- La vulnerabilidad como componente de la capacidad adaptativa, exposición e interacción con perturbaciones y situaciones de estrés.

Schneiderbauer (SCHNEIDERBAUER & EHRLICH, 2006) , remarca que a pesar del gran avance conceptual experimentado en los últimos años, la investigación en el campo de la vulnerabilidad todavía presenta debilidades que es necesario ir resolviendo: *“Though the focus of disaster management research shifted from “hazard assessment” to “vulnerability análisis” during last decades, the determination of vulnerability and/or coping capacity remains one of the weakest links in the chain of risk assessment.”*

Como hemos visto, la componente geográfica de la vulnerabilidad no suele incluirse en su definición. Puede entenderse un ámbito geográfico de forma implícita, pero se hace escasa referencia a la vulnerabilidad territorial. De hecho, hay escasísimas referencias al concepto de vulnerabilidad territorial en la bibliografía existiendo un vacío conceptual en este enfoque. Asimismo, la referencia a la condición de incertidumbre de la vulnerabilidad a pesar de su importancia, tampoco queda reflejada en sus definiciones.

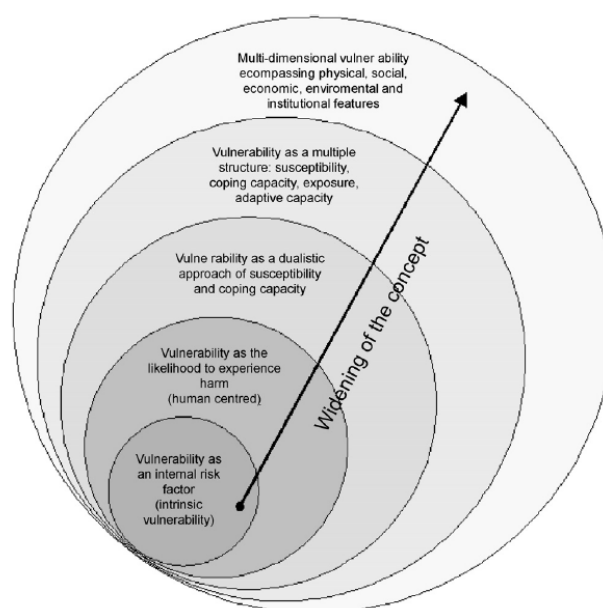


Figura 2.4. Esferas de la Vulnerabilidad (BIRKMAN, 2005)

Es importante reconocer a la vulnerabilidad como una componente básica del riesgo. Según la expresión:

$$Riesgo = f(Peligro, Vulnerabilidad)$$

Según esta expresión, podemos entender que todos aquellos factores que no tengan que ver con el peligro se incluirán en el ámbito de la vulnerabilidad (exposición, susceptibilidad, adaptación, sensibilidad, etc.). Sin embargo, las relaciones de reciprocidad entre peligro y vulnerabilidad son tan complejas, que en ocasiones, resulta difícil saber cuándo se pasa de uno a otro.

No es objetivo de este trabajo proponer una nueva definición de vulnerabilidad, sino analizar la problemática que plantean sus diversas acepciones y buscar aspectos para mejorar su conocimiento.

2.2.1. Vulnerabilidad, resiliencia y riesgo

El término de resiliencia es de origen latino “*resilio/resilire*” (volver atrás, volver de un salto, rebotar), hace referencia a la capacidad de los sistemas de recuperarse. El término se utilizó originalmente en los campos de la ingeniería y la física. En ingeniería, se le define como la cantidad de energía que puede absorber un material antes de la deformación irreversible o la energía que puede devolver un material elástico sin absorberla. En física, hace referencia a una propiedad mecánica de la materia de recobrar su forma original, después de pasar por condiciones de alta presión y es una magnitud que cuantifica la cantidad de volumen que almacena un material al deformarse elásticamente debido a una tensión aplicada. Es una especie de capacidad de memoria de un material para recuperarse de una deformación derivada de una presión externa (HIBBELER 2005) (ASHBY and JONES 1986).

De igual modo, el concepto de resiliencia se utiliza en el ámbito de la ecología e indica la capacidad de las comunidades y los ecosistemas de absorber las perturbaciones sin alterar significativamente sus características de estructura y funcionalidad. La resiliencia del ecosistema se relaciona con la riqueza de especies y la funcionalidad de éstas en el ecosistema (FOX and FOX 1986) (KEELEY 1986) (PIMM 1984) (TILMAN and DOWNING 1985).

Resiliencia, también se utiliza en el campo de la psicología donde se concibe como la capacidad de los individuos para sobreponerse a situaciones de estrés o dolor emocional así como hace referencia a su disposición de continuar con sus proyectos futuros y hasta de salir fortalecido de una situación adversa (RUTTER 1985).

Igualmente, el concepto de resiliencia se utiliza también en el ámbito de los sistemas socioecológicos y su respuesta frente al cambio global. Existe una estrecha relación entre los

conceptos de vulnerabilidad, resiliencia y capacidad adaptativa, que algunos autores se han preocupado de evaluar (GALLOPIN 2006).

Para Gallopin, la resiliencia es un proceso por el cual un sistema dinámico posee una serie de atractores, que generan la tendencia del sistema a posicionarse en un determinado estado de mayor estabilidad, aún a pesar de que sea sometido a estresores. Puesto que los estresores son continuos, el sistema tiende a realizar una trayectoria (órbita) que tiende a orientarse hacia la localización estable. A mayor número de variables consideradas en el sistema, mayor número de estresores y mayor complejidad en las trayectorias (Figura 2.5).

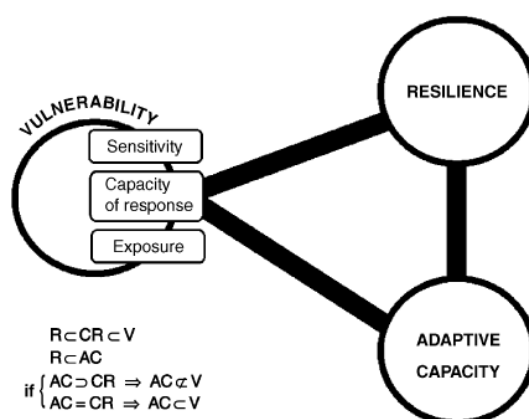


Figura 2.5. Esferas de la Vulnerabilidad (GALLOPIN 2006, pp. 301).

Diagrama que muestra las relaciones conceptuales entre vulnerabilidad, resiliencia y capacidad adaptativa de los sistemas socio-ecológicos

Este autor, señala que la resiliencia no es un término complementario al de vulnerabilidad “ *it seems natural to view vulnerability and resilience as related properties of an Socio-Ecologic System,. But the specific nature of the relation is not obvious. The view expressed in the literature range from considering vulnerability as the flip side of resilience to have resilience as one of the components of vulnerability. However, vulnerability does not appear to be the opposite of resilience because the latter is defined in terms of state shifts between domains of attraction, while vulnerability refers to structural changes in the system*”. La vulnerabilidad hace referencia a cambios estructurales del sistema, mientras la resiliencia se asimila a tendencia del sistema a un equilibrio (GALLOPIN 2006).

La resiliencia se utiliza en el ámbito de los riesgos naturales, para hacer referencia a distintos atributos de los elementos potencialmente afectados por los desastres, que los hace menos vulnerables y de mayor resistencia. La EIRD lo define como “*la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, lo que incluye la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas*” (EIRD, 2005). En la actualidad, el debate científico entre la complementariedad o no de la vulnerabilidad y la resiliencia no ha concluido en el ámbito de los riesgos naturales.

2.2.2. Vulnerabilidad como componente del riesgo

Diversos autores han expresado mediante expresiones matemáticas el riesgo y su relación con otros factores (CARDONA, 2003) (ALEXANDER, 1993) (AYALA CARCEDO, 2000) etc. . El análisis de dichas expresiones nos ayudará a analizar el papel que se ha asignado a la vulnerabilidad como componente fundamental del riesgo.

Gilbert White (WHITE. G., 1974) formula que el riesgo está relacionado con la peligrosidad y la vulnerabilidad según la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} \text{Riesgo} &= f(\text{peligro}, \text{vulnerabilidad}) \quad (1) \\ \text{Riesgo} &= \text{peligro} (\text{operador}) \text{ vulnerabilidad} \\ \text{Riesgo} &= \text{peligro} * \text{vulnerabilidad} \end{aligned}$$

Peligro : Expresado en unidades de probabilidad

Vulnerabilidad: expresada en unidades económicas/vidas humanas/ etc.

Otra de las expresiones más extendidas del riesgo es la recogida por AYALA-CARCEDO , OLCINA CANTOS, 2002) que considera el riesgo, como la pérdida o el daño esperado por unidad de tiempo y define la ecuación general del riesgo como :

$$R = \sum \sum \sum P.E.V \Delta P \Delta E \Delta V \quad (2)$$

R : Riesgo (víctimas/año; euros/año, pérdida esperada/unidad tiempo)

P : Peligrosidad (Equivalente a la amenaza, expresado en medida de probabilidad)

E : Exposición (personas/euros)

V: Vulnerabilidad (tanto por uno de la pérdida)

Según esta expresión, el riesgo se considera en función de la amenaza o peligro, el grado de exposición a dicho peligro y la vulnerabilidad del bien amenazado. La peligrosidad, de origen natural o humano, reflejaría la probabilidad de que se produzca un evento de una determinada intensidad en un espacio y en un tiempo.

En este caso, la vulnerabilidad se expresa en forma de probabilidad (tanto por uno). De esta forma, una vulnerabilidad muy elevada (valor 1) supondría un valor máximo de riesgo, mientras una vulnerabilidad nula, (valor 0) podría llegar a eliminar el riesgo.

Cardona (CARDONA, 2005) proponía en 1985, en el Instituto de Ingeniería Sísmica y Sismología de Skopje, de la antigua Yugoslavia, eliminar de la definición a la exposición, ya que considera que está integrada en el propio peligro y en la vulnerabilidad. Es decir, no se “es

vulnerable” si no se “*está expuesto*”. Es decir, el riesgo se entiende como la probabilidad de pérdida durante un periodo de tiempo dado.

$$R \mid t = f(A_i, V_e) \mid t \quad (3)$$

A_i : Amenaza de intensidad *i*; *V_e* : Vulnerabilidad elemento *e* *t*= periodo considerado

El riesgo se expresa como la probabilidad de que se produzca una pérdida sobre el elemento *e*, resultado de la probabilidad de ocurrencia de un suceso con una intensidad mayor o igual a **i**, para un periodo de tiempo (**t**).

Alexander (ALEXANDER, 1993) define el riesgo como la probabilidad de que un determinado nivel de pérdida, se produzca sobre un número de elementos como resultado de un nivel de daños y lo expresa de la siguiente forma:

$$Riesgo\ Total = (\sum\ Elementos\ en\ riesgo) \times peligro \times vulnerabilidad \quad (4)$$

En este caso, se incorpora el concepto de elementos en riesgo, como equivalente de exposición al riesgo. En la expresión, sin embargo se contempla la vulnerabilidad de forma genérica y no se expresa de forma particular para cada tipo de elemento.

Fiorucci (FIORUCCI, GAETAINI, et al., 2002) construye la definición del riesgo a partir de la modelización del territorio y sus componentes.

Para cada elemento territorial (*qk*) identifica los siguientes componentes:

- El peligro *Hk* (Magnitud o intensidad, asociada a un evento natural que incluye una incertidumbre asociada).

- La vulnerabilidad física *Vk* (Mide la respuesta de cada objeto, en términos de integridad física o pérdida directa de funcionalidad, como consecuencia del siniestro. Puede ser medida en base a una función que expresa la influencia del Peligro *Hk* sobre el elemento *qk*.

- La función integrada *Yk* definida a partir del peligro y la vulnerabilidad física (*Vk*).

$$Y_k = f(H_k, V_k) \quad (5)$$

Se asume que la integridad física de cada objeto *qk* influencia su integridad funcional a través de una función *gk*. Por lo que se define la vulnerabilidad funcional *Wk* como:

$$Wk = gk (Yk)$$

De la misma forma, se establece una relación funcional entre elementos: el coste Sk . Se asume un coste específico de cada elemento, necesario para su reparación o reconstrucción. Dicho coste también será función de su integridad física:

$$Sk = f(yk)$$

Otra expresión del riesgo muy extendida incluye otro parámetro que se conoce como la capacidad de hacer frente o respuesta al desastre (*coping capacity*).

$$Riesgo = (Peligro \times Vulnerabilidad) / capacidad respuesta \quad (6)$$

En este caso, la expresión del riesgo incorpora un parámetro relacionado directamente con la capacidad de la sociedad a responder y hacer frente al episodio catastrófico. Dicha capacidad de respuesta podría también considerarse una componente de la vulnerabilidad.

Villagran (VILLAGRAN DE LEON, 2006) propone incluir otra variable en la definición de riesgo: las “*Deficiencias en la Preparación*”:

$$Riesgo = Peligro \times Vulnerabilidad \times Deficiencias en la Preparación \quad (7)$$

Las deficiencias en la preparación abarcan el conjunto de condiciones preexistentes que inhiben a una institución, comunidad, sociedad o país, responder de forma efectiva a un evento catastrófico. Este caso sería una especie del inverso al anterior, por el cual capacidad de respuesta se hace recíproco de las deficiencias en la preparación, y a su vez ambos términos no dejan de hacer referencia directa a la vulnerabilidad.

A pesar de las propuestas de Cardona, Dilley y Chen (DILLEY, CHEN, et al., 2005) insisten en representar el riesgo incorporando la exposición al peligro. En este caso, se extrae de la definición de vulnerabilidad el componente de exposición y sólo hace referencia a las características intrínsecas de la población, infraestructuras, actividad económica y medioambiente con predisposición a padecer daños.

$$Riesgo = Peligro \times Exposición \times Vulnerabilidad \quad (8)$$

Hahn (HAHN, 2003) realiza una propuesta integrada que añade a la anterior fórmula la capacidad de respuesta :

$$Riesgo = Peligro + Exposición + Vulnerabilidad - Capacidad de Respuesta \quad (9)$$

Esta es una expresión bastante parecida a la (6) pero en este caso los operadores son diferentes (sustituye la multiplicación de factores por su suma) y la capacidad de respuesta se sustrae al resto de factores.

PEDUZZI (PEDUZZI, DAO, et al., 2001) en el desarrollo del proyecto Global Risk And Vulnerability Index (*GRAVITY*) expresa el riesgo del siguiente modo :

$$\text{Riesgo } i = (\text{Peligro } i - \text{Prevención } i) \times] \text{ Población } \times (\text{Vulnerabilidad } i - \text{Mitigación})] \quad (10)$$

Siendo i el tipo de peligro. Peligro, depende de la frecuencia e intensidad de una determinada amenaza. Prevención, es el conjunto de acciones emprendidas para disminuir la frecuencia o la intensidad de los peligros. Población, es el número de personas que viven en un área dada. Vulnerabilidad depende de parámetros socio-político-económicos de su población, parámetros geofísicos del área, y mitigación representa el nivel de acciones tomadas para rebajar la vulnerabilidad de la población.

Este autor reduce la fórmula del riesgo, suponiendo la inexistencia de información acerca de la mitigación y la preparación:

$$\text{Riesgo } i = \text{Peligro } i \times \text{Población} \times \text{Vulnerabilidad } i$$

Después, descompone el peligro en los siguientes factores:

$$\text{Peligro } i = (\sum E_i \times S_i) / t$$

Donde, E representa el evento, S la severidad, t la longitud en tiempo.

Además supone que la fórmula del riesgo puede simplificarse si se agrupan los términos de población y peligro en un nuevo concepto conocido como *Exposición Física*:

$$\text{Riesgo} = \text{Exposición Física} \times \text{Vulnerabilidad}$$

White (WHITE, PELLING, et al., 2005) , propone simplificar dicha fórmula incorporando a la vulnerabilidad mayor peso:

$$\text{Vulnerabilidad} = (\text{Exposición} \times \text{Susceptibilidad}) / \text{Capacidad Respuesta} \quad (11)$$

$$\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad}$$

En este caso, se define con mayor detalle la vulnerabilidad, integrando tres componentes: la exposición, la susceptibilidad y la propia capacidad de respuesta.

Yodmani, introduce el concepto de *manageability* asimilable en parte a la capacidad de respuesta:

$$\text{Disaster Risk} = (\text{Hazard} \times \text{Vulnerability}) / \text{Manageability} \quad (12)$$

“Manageability here stands for the degree to which a community can intervene and manage a hazard in order to reduce its potential impact. This implies that based on people’s perception of their disaster risk, they are able to make decisions to adapt to, modify or ignore the risk.” (YODMANI, 2001) .

En el proyecto ESPON Natural Hazards (KUMPULAINEN, 2006) se propone la definición de vulnerabilidad incorporando otro parámetro, el daño potencial:

$$\text{Damage potential} + \text{coping capacity} = \text{Regional Vulnerability} \quad (13)$$

En este contexto reaparece un concepto de gran importancia; la “Capacidad Respuesta” (*Coping capacity*).

Ferrier, entiende el riesgo como el total de pérdidas probables y propone una expresión que integra la probabilidad y la vulnerabilidad (FERRIER & EMDAD HAQUE, 2003)

$$R = p1V1 + p1V2 + + pnVn \quad (14)$$

Donde v1..vn es la vulnerabilidad y p1..pn corresponde a la probabilidad de que ocurra un evento de una determinada magnitud :
 $p1 + p2 + ... + pn = 1$ y $(v1 < v2 < v3... , vn)$.

Los eventos de mayor magnitud tendrán una menor probabilidad de ocurrencia.

Ann White(WHYTE, 1982) propone la inclusión de los factores sociales en la propia formula del riesgo como operando independiente:

$$R = p \times Vn \quad (15)$$

p = probabilidad de ocurrencia, V = vulnerabilidad de pérdida, n = valores sociales.

En cualquier caso la dificultad reside en asignar un valor a n.

VanderVeen , (VAR DER VEEN & LOGTMEIJER, 2005) a partir de los trabajos de Parker et al. (PARKER, GREEN, et al., 1987), expresa la vulnerabilidad del siguiente modo:

$$V = f(S, D, T) \quad (16)$$

S: susceptibilidad; D: dependencia; T: *Transferability*

Donde S es la *Susceptibilidad*, definida por la probabilidad y extensión del área afectada por el evento catastrófico. Se refiere a la localización geográfica del evento. Sería la componente geográfica del daño. D es la *Dependencia*, que refleja el grado en el cual una actividad requiere de otras actividades para su funcionamiento normal. Se referiría a las características del sistema económico. T es *Transferability*, la capacidad de una actividad de responder a una situación de crisis, buscando sustitutivas o relocalización.

SCHNEIDERBAUER (SCHNEIDERBAUER & EHRLICH, 2006) expresa el riesgo según la siguiente expresión:

$$R_{ah} = H_{ah} \times E_{ah} \times V_{ah} \quad (17)$$

H: peligro; E: exposición; V: vulnerabilidad; h.: tipo de peligro (determinado por su severidad y extensión temporal)
a.: región afectada por el peligro h.

Vulnerabilidad, sería la capacidad de la población/comunidad/individuo de hacer frente al peligro *h* en el área *a*. Está cambiando en función de la severidad y el tipo de peligro.

A este respecto, Schneiderbauer, propone incorporar los distintos niveles sociales en la propia expresión de la vulnerabilidad:

$$V_{ahd\ total} = f(V_{ahd\ in}, V_{ahd\ hs}, V_{ahd\ ca}, V_{ahd\ cc}, V_{ahd\ cn}, V_{ahd\ rg})$$

Vulnerabilidad de un individuo a un peligro h, en un área a, en un día d, puede definirse en función de diversos niveles
in: individual, hs = residencia, comunidad administrativa=ca, comunidad cultural=cc, estado=cn y region = rn.

Keiler (KEILER, 2004) señala que la ciencia de la seguridad ha propuesto un nuevo modelo para el cálculo del riesgo:

$$R = f(p, S) \quad (18)$$

Siendo p, la probabilidad de ocurrencia de un específico proceso y (S) el daño potencial asociado a dicho proceso.

Bollin y Hidajat (BOLLIN & HIDAJAT, 2006) proponen un modelo del riesgo según la siguiente expresión:

$$R = (wH + wE + wV) - wC \quad (18)$$

Donde R el índice de riesgo, H la amenaza, E la exposición, V la vulnerabilidad y C la capacidad de hacer frente, w es un coeficiente constante al cual se le proporciona un valor de la importancia de cada parámetro.

A modo de complemento de las expresiones matemáticas recogidas en este apartado, es el triángulo de Crithton. Se trata de una representación gráfica tradicional de las relaciones entre los conceptos de peligro, vulnerabilidad y exposición que contribuye a entender las estrechas relaciones entre las componentes del riesgo (CRICHTON, 1999) que muestra como los tres factores independientes contribuyen a la configuración del riesgo: peligro, exposición y vulnerabilidad (Figura 2.6.).

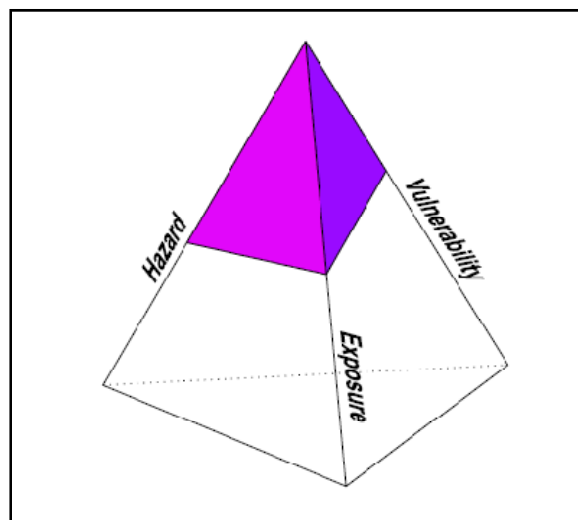


Figura 2.6. La pirámide del riesgo.

Fuente : (DWYER, ZOPPOU, et al., 2004, pp.3). modificado de (CRICHTON, 1999)

Tras la revisión de distintas expresiones matemáticas del riesgo hemos podido comprobar que existe una gran diversidad de acepciones, cada una de las cuales, opta por considerar aspectos diversos en relación al riesgo. En la totalidad de las expresiones analizadas, la vulnerabilidad es una componente del riesgo junto al peligro. Las divergencias aparecen en torno a la incorporación o no de otros factores en la expresión del riesgo (p.e. exposición, capacidad de hacer frente, susceptibilidad etc). Como hemos podido comprobar, en las expresiones analizadas no se suele prodigar la consideración de la dimensión geográfica del riesgo, aunque algunas de ellas si incorporan algún componente geográfico. Tampoco las tipologías de peligros quedan suficientemente recogidas.

2.3. Marcos conceptuales de la vulnerabilidad frente a desastres naturales

A partir del modelo primigenio de White (WHITE. G., 1974), en el que el riesgo se desagregaba en dos componentes: vulnerabilidad y amenaza, ha habido diversas propuestas conceptuales para entender y acotar, el concepto de vulnerabilidad frente a desastres naturales. Desde modelos basados en asimilar el concepto de vulnerabilidad a la exposición, es decir, como una

relación directa entre el riesgo y la amenaza, a modelos en que la vulnerabilidad juega un papel más independiente al propio peligro. En este apartado, se recogen algunos de los marcos conceptuales más extendidos sobre la vulnerabilidad y el riesgo. Algunos, están referidos al ámbito de los desastres naturales, otros, proporcionan una visión de la vulnerabilidad desde una perspectiva más global.

Adger

Adger (ADGER, 2006) propone varios enfoques para el estudio de la vulnerabilidad, no sólo desde la perspectiva de los peligros naturales. Considera la vulnerabilidad como un punto de convergencia común a los conceptos adaptación y resiliencia de los sistemas socio-ecológicos. Desde el punto de vista social, asimila el concepto de vulnerabilidad al de un estado de ausencia de derechos, que acaba conduciendo a la pobreza (Figura 2.7).

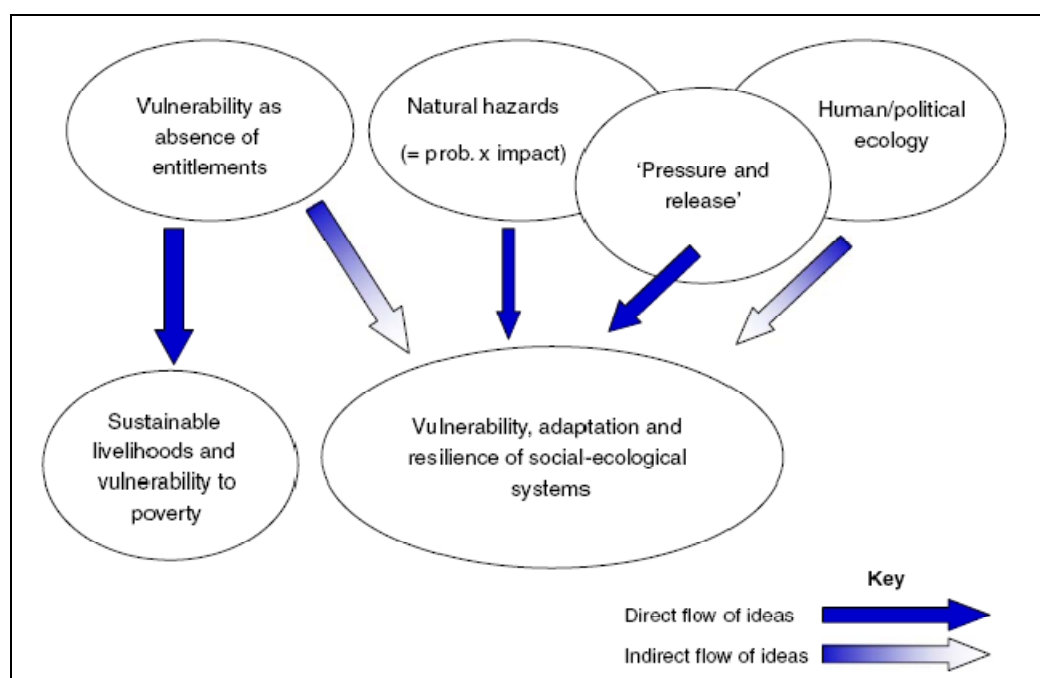


Figura 2.7. Enfoques tradicionales del estudio de la vulnerabilidad
 Fuente : (ADGER, 2006)

Adger, subraya la existencia de una convergencia en la investigación sobre vulnerabilidad y resiliencia en el marco del análisis de los sistemas socio-ecológicos. Considera los sistemas socioecológicos unidades de integración de las actividades humanas, las sociales y las naturales (procesos biológicos y biofísicos). Los peligros naturales expresados en forma de probabilidad e impacto, juegan un papel clave en el incremento de la vulnerabilidad de los sistemas socioecológicos.

Chambers

Chambers (CHAMBERS, 2006) distingue dos caras de la vulnerabilidad: una cara externa en la que se ubican los riesgos, *shocks* y el estrés, y una cara interna que hace referencia a la

incapacidad de hacer frente y presentar pérdidas. Chambers remarca que no debe confundirse vulnerabilidad con pobreza. “*It means not lack or want, but defencelessness, insecurity, and exposure to risk, shocks and stress. .. it refers to exposure to contingencies and stress, and difficulty in coping with them*”. Este autor asimila el concepto de seguridad, como inverso de la vulnerabilidad.

Watts and Bohle

Watts and Bhole (WATTS & BOHLE, 1993), partiendo del modelo de Chambers de las dos caras de la vulnerabilidad, completan su significado asimilando el componente externo de la vulnerabilidad a la exposición a la amenaza, mientras que el lado interno lo asimilan a la capacidad de hacer frente a la misma (*coping capacity*). La vulnerabilidad la entienden como un espacio social multi-dimensional y multicapa (*'multilayered'*), definido por las capacidades económicas, políticas e institucionales de las comunidades en un determinado lugar y en un momento concreto (Figura 2.8).

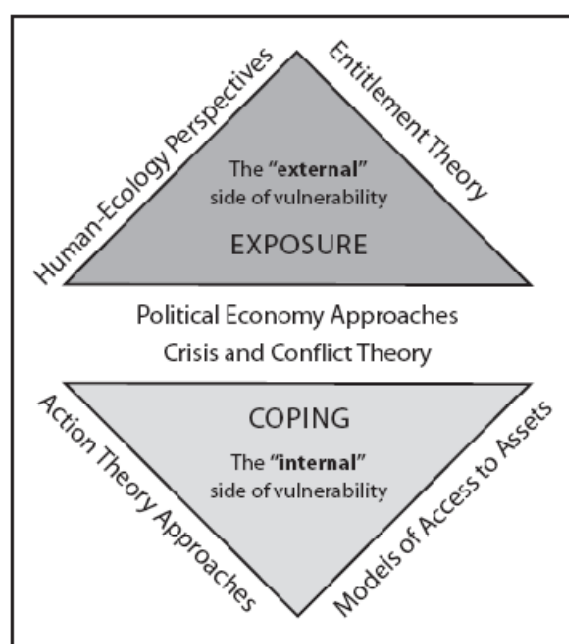


Figura 2.8. Modelo Watts & Bohle de vulnerabilidad
Fuente : (WATTS & BOHLE, 1993)

La exposición a la amenaza se relaciona con la capacidad de la población para controlar y gestionar el medioambiente (Perspectiva Humano-Ecológica), con la incapacidad de la población de obtener recursos de forma legítima (*Entitlement Theory*), y con la exposición de algunos grupos a desequilibrios sociales.

Bankoff, (BANKOFF, 2003) coincidiendo en parte con el Modelo de Wats & Bohle señala que la vulnerabilidad se construye a causa de la falta de armonía (mutualismo) entre el medioambiente y la actividad humana a lo largo del tiempo, poniendo el ejemplo de la ciudad

de Manila (Filipinas), *“It is the interplay between these three – history, nature and society – that determines how the vulnerability of the city’s inhabitants is constructed”*.

Anderson y Woodrow

A finales de los 80’ y principios de los 90’, se propusieron dos modelos en el marco del análisis de la vulnerabilidad: el modelo de capacidades y análisis de vulnerabilidad, propuesto por Anderson y Woodrow (ANDERSON & WOODROW, 1998) y el de Presión/Liberación de Blaikie (BLAIKIE, CANNON, et al., 1994)(WISNER, BLAIKIE, et al., 2004).

El modelo de Capacidades y Vulnerabilidades propuso el uso de la matriz de **CVA** (*Capacities and Vulnerabilities analysis*) recogida en la figura 2.9. La matriz proporciona información en tres ámbitos relacionados:

- Físico/material. Está referido a las características del territorio, el medioambiente, las infraestructuras, etc.
- Social/organizacional. Hace referencia a la forma en que la sociedad está organizada, lo cual incluye las estructuras políticas y sistemas organizativos internos.
- Motivacional/actitudinal. Refleja como se ve la comunidad a sí misma y su capacidad para tratar efectivamente el ambiente físico y sociopolítico.

Se distingue entre vulnerabilidades (factores a largo plazo que afectan a la capacidad de una comunidad a responder a eventos o que la hacen susceptible a los desastres) y necesidades (requerimientos para la supervivencia o recuperación tras un desastre).

La matriz también incluye otras dimensiones; desagregación por género, desagregación por otras diferencias (estatus económico), cambios temporales, interacción entre categorías sociales, diferentes escalas geográficas de aplicación (local, regional, nacional..).

El proceso de desarrollo se interpreta como un modelo de reducción de vulnerabilidad e incremento de capacidades.

CVA Matrix		
	Vulnerabilities	Capacities
Physical / Material What productive resources, skills, and hazards exist?		
Social / Organizational What are the relations and organisations among the people?		
Motivational / Attitudinal How does the community view its ability to promote changes?		

Figura 2.9. Matriz de Capacidades y Vulnerabilidades
Fuente : (ANDERSON & WOODROW, 1998, pp12)

Wisner, Blaikie

El modelo de presión/liberación (**PAR**) propuesto por Blaikie en 1996 (WISNER, BLAIKIE, et al., 2004) entiende el desastre como la intersección de dos fuerzas enfrentadas: por un lado, la amenaza natural y por otro la vulnerabilidad. Ambas fuerzas ejercen presión en sentidos opuestos y condicionan la magnitud y efectos del desastre. La magnitud y efectos de un desastre se interpretan desde la perspectiva del efecto que una amenaza provoca en personas o comunidades vulnerables (Figura 2.10).

En el modelo PAR, la vulnerabilidad se estructura en tres niveles:

- Causas raíz. Incluye la capacidad de acceso a recursos, infraestructuras, estructuras de poder. Son causas de fondo que incluyen procesos demográficos, económicos y políticos que estructuran el poder en la sociedad.
- Presiones dinámicas. Formadas por la manifestación de las causas raíz sobre la población las cuales redundan en inseguridad.
- Condiciones inseguras. Elementos donde se manifiesta la vulnerabilidad en una escala geográfica y temporal: ambiente físico, economía local, sociedad, acciones públicas.

La liberación incluye el conjunto de condiciones para atenuar la presión y minimizar la vulnerabilidad.

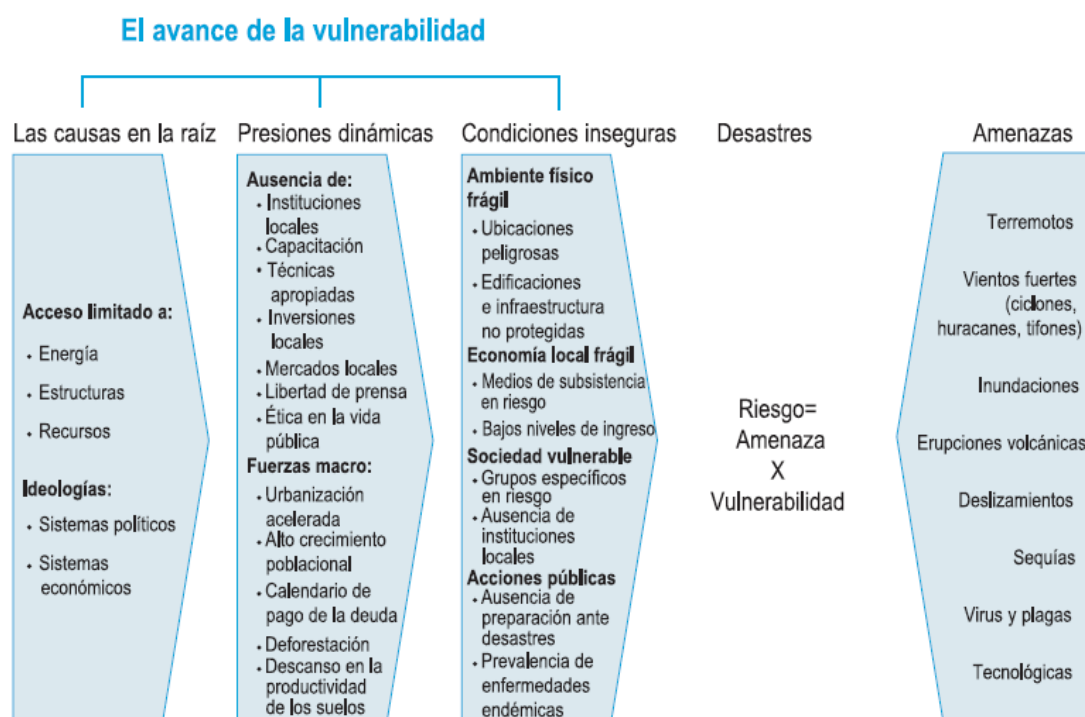


Figura 2.10. Modelo Presión-Liberación. PAR model
Fuente : (WISNER, BLAIKIE, et al., 2004)(ISDR. Naciones Unidas, 2004)

La amenaza incide de forma directa sobre el último nivel de la vulnerabilidad (*Condiciones inseguras*). Sin embargo, las causas del desastre habría que buscarlas en los niveles anteriores “*Causas de Raíz*” o las “*Presiones Dinámicas*”.

UNU-EHS BBC

El United Nations University’s Institute for Environment and Human Security (UNU-EHS) (<http://www.ehs.unu.edu/> visitado [10.05.2009]) ha desarrollado un modelo conceptual para el estudio de la vulnerabilidad conocido como “*BBC vulnerability framework*” (Las siglas BBC vienen de las iniciales de sus autores: Bogardi/Birkmann/Cardona) (BIRKMANN, 2006) (CARDONA, 2001).

El modelo considera la vulnerabilidad dentro de un proceso dinámico en el que se integran la capacidad de hacer frente al evento (*coping capacities*) y las herramientas de intervención de la vulnerabilidad. El modelo se basa en la teoría de sistemas y en el concepto de desarrollo sostenible. La vulnerabilidad se estructura en tres *esferas* (económica, social, y ambiental) que comparten las bases del desarrollo sostenible. El modelo enfatiza que el proceso de evaluación de la vulnerabilidad debería considerar la exposición, la susceptibilidad de los elementos y la capacidad de hacer frente a las catástrofes como cuestiones clave para la reducción de daños y pérdidas (Figura 2.11). Evidencia que el medio ambiente en sí mismo puede ser vulnerable a peligros naturales. También destaca las capacidades de las comunidades en la gestión del

desastre y en la alerta temprana como elementos clave en la reducción del efecto de las catástrofes.

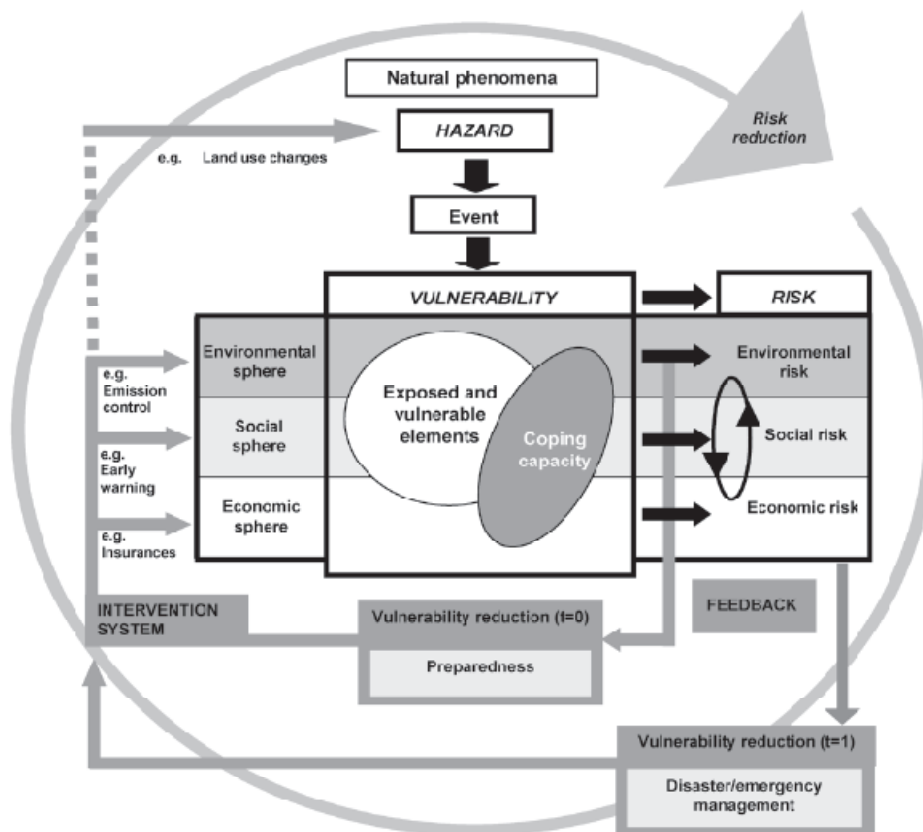


Figura 2.11. BBC vulnerability conceptual framework
(BIRKMANN & FERNANDO, 2007)

Uno de los puntos críticos del modelo es el efecto de reducción de la vulnerabilidad, derivado de intervenciones preventivas desarrolladas en la esfera económica, social y ambiental, que a modo de *feedback* irían mejorando la resiliencia de las poblaciones. También es importante señalar el importante rol que juega el riesgo social y su estrecha relación con el riesgo ambiental y económico.

UNU-EHS Onion

Otro modelo conceptual de vulnerabilidad es el conocido como el “*onion framework*” propuesto por Bogardi y Birkmann de la UNU-EHS. (BOGARDI & BIRKMANN, 2004). Este modelo se basa en la construcción de una estructura formada por una serie de capas (*onion: cebolla*) a las que da el nombre de esferas: esfera de eventos naturales, esfera económica, esfera social. La vulnerabilidad se encuentra inmersa dentro de la esfera social, la cual integra también el concepto de capacidad (Figura 2.12). El modelo argumenta como las pérdidas y daños causados por un evento pueden llegar a convertirse en un desastre al llegar a la esfera social y económica.

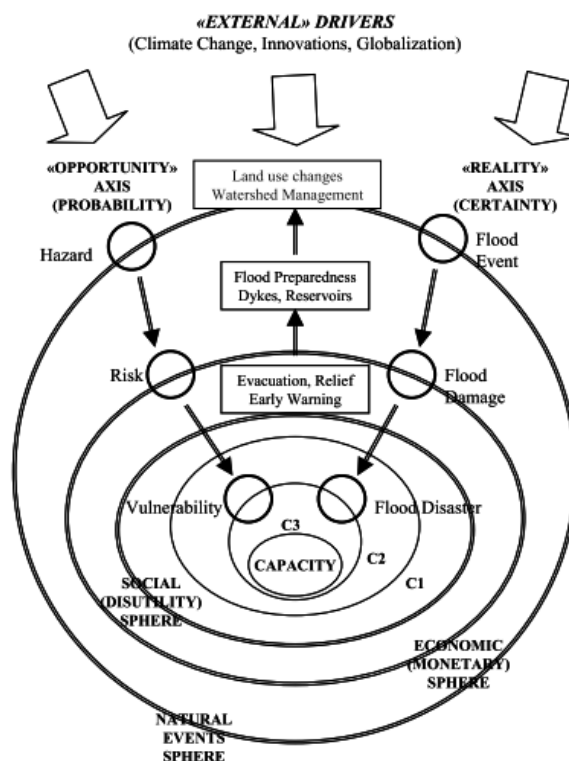


Figura 2.12. Respuesta social a las inundaciones. (The “onion” model of vulnerability)

Fuente : (BOGARDI & BIRKMANN, 2004)

Se distinguen dos ejes de interacción del sistema: el eje de la oportunidad (probabilidad) y el eje de la realidad (certeza). El eje de la probabilidad incluye el peligro en la esfera natural, el riesgo en la esfera económica y la vulnerabilidad en la esfera social. El eje de la realidad, supone el evento catastrófico en la esfera natural, los daños económicos producidos por el evento y el desastre al llegar a la esfera social.

A su vez, las distintas esferas dan lugar a una respuesta frente a los peligros o desastres. En la esfera social se da lugar a mecanismos de evacuación, alivio y alerta temprana.

Este modelo ha sido objeto de críticas, al no considerar la exposición como un factor de la vulnerabilidad, además de taa parte de no integrar el concepto de la vulnerabilidad ambiental.

UN/ISDR

Naciones Unidas a través del ISDR (*International Strategy for Disaster Reduction*), propone un marco de acción para la reducción del riesgo de desastres (Figura 2.13) en el cual la vulnerabilidad aparece como un factor clave del riesgo junto a las amenazas (ISDR. Naciones Unidas, 2004). No se trata propiamente de un modelo conceptual de vulnerabilidad, pero sí se describe con detalle el papel que juega ésta en la reducción del riesgo de desastres.

En dicho marco de acción se distinguen cuatro tipos de vulnerabilidades: social, económica, física y ambiental. Asimismo, también se identifican las distintas fases de gestión del riesgo: análisis de peligros, análisis de vulnerabilidades, preparación, gestión de emergencia, recuperación, etc.

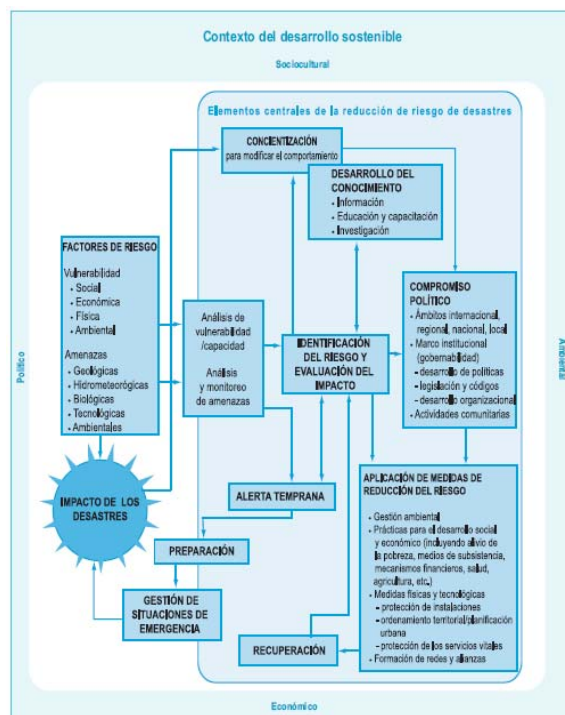


Figura 2.13. Marco de Acción para la reducción de riesgo de desastres

Fuente : (ISDR. Naciones Unidas, 2004) pp. 15

Una cuestión clave del modelo es que el conjunto de elementos se encuentran inmersos en un contexto de desarrollo sostenible, e integrando sus dimensiones: políticas, económicas y ambientales. Se identifican un conjunto de tareas esenciales en la reducción del riesgo de desastre:

- Análisis de la vulnerabilidad.
- Análisis y monitoreo de amenazas.
- Concienciación. Desde la perspectiva psicológica de modificar el comportamiento de las personas para tomar conciencia del impacto de los desastres y asimilar una actitud activa para la reducción de sus efectos.
- Compromiso político a diversas escalas (internacional, regional, nacional, local), que debe incluir el desarrollo de políticas, legislación y actuaciones para la reducción del riesgo.
- Aplicación de medidas para la reducción del riesgo (gestión ambiental, prácticas para el desarrollo social y económico, medidas físicas y tecnológicas, formación de redes y alianzas, etc.).
- Identificación del riesgo y evaluación del impactos.
- Desarrollo del conocimiento.

- Alerta temprana.
- Preparación.
- Gestión situaciones de emergencia.
- Recuperación.

Turner

Turner, define la vulnerabilidad como “*the degree to which a system or sub-system is likely to experience harm due to exposure to hazard either as a perturbation or stressor*” (TURNER, KASPERSON, et al., 2003) y la descompone en tres componentes: la exposición, la sensibilidad y la resiliencia. La exposición hace referencia a los elementos que reciben de forma directa el efecto de las amenazas (perturbaciones, estresores). La sensibilidad condiciona la respuesta frente a la amenaza de los sistemas humanos y ambientales. Y la resiliencia incluye las habilidades para lidiar con la amenaza, reducir sus impactos y propiciar una adaptación y un ajuste de las condiciones humanas y ambientales para enfrentarse a los peligros.

La vulnerabilidad se concibe en un marco de cambio ambiental global desde una perspectiva humano-ambiental. Las amenazas proceden tanto de fuera como de dentro del sistema. El sistema opera a múltiples escalas espaciales, funcionales y temporales. El efecto de las perturbaciones tiene influencia a diversas escalas geográficas y provoca cambios en los sistemas ambientales y humanos (Figura 2.14.).

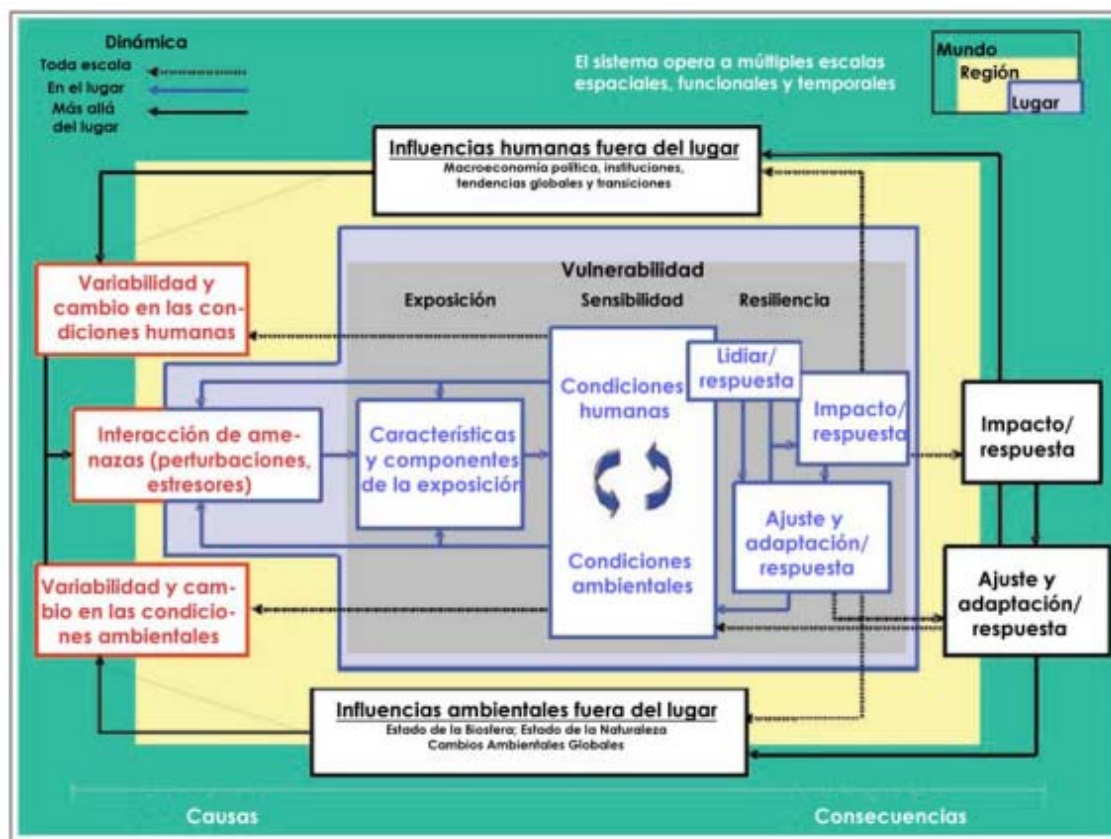


Figura 2.14. Componentes de la vulnerabilidad
Fuente: (TURNER, KASPERSON, et al., 2003)

Cardona

Cardona, (CARREÑO, CARDONA, et al., 2004) propone un marco conceptual para la evaluación y gestión de desastres en el cual la vulnerabilidad ocupa un lugar destacado (figura 2.15).

En su modelo propone la descomposición de la vulnerabilidad en tres categorías:

- exposición física y susceptibilidad. (*Hard risk*). Sería dependiente de la amenaza. El efecto del desastre en función de la exposición y susceptibilidad daría lugar al daño físico (impacto de primer orden).
- fragilidad del sistema socio-económico (*Soft risk*). No dependiente de la amenaza.
- falta de resiliencia y capacidad de respuesta/recuperación. No dependiente de la amenaza.

La fragilidad del sistema socioeconómico y la falta de resiliencia son las responsables del grado de impacto del desastre sobre el sistema socioeconómico (impacto de segundo orden).

Cardona subraya que para implementar los cambios necesarios en los elementos expuestos y en el sistema socioambiental, la gestión del riesgo requiere de un sistema de control (estructura institucional) y un sistema de actuación (políticas públicas y acciones).

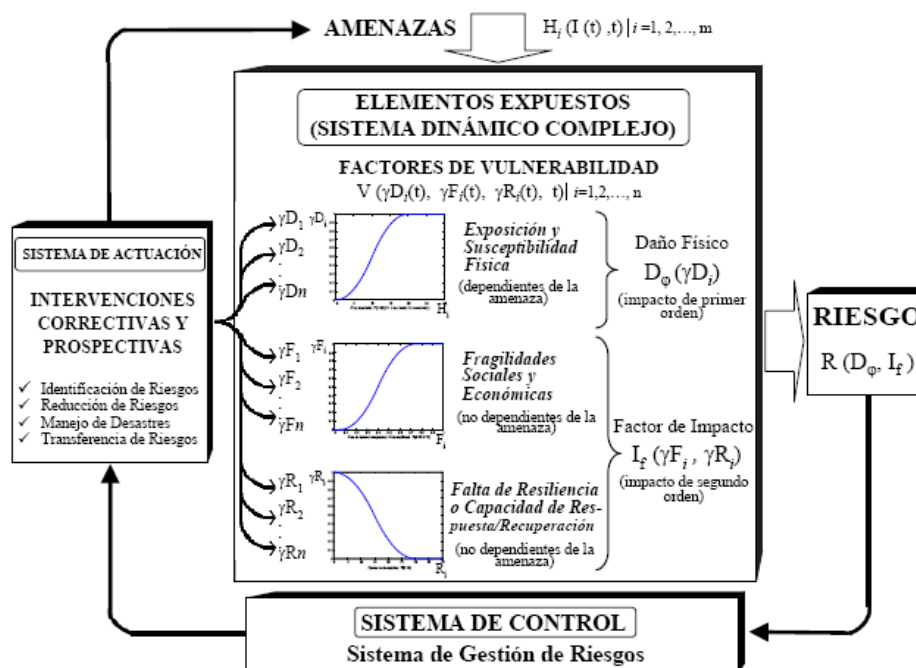


Figura 2.15. Análisis holístico del riesgo: factores de vulnerabilidad
Fuente: (CARREÑO, CARDONA, et al., 2004)

Villagran de Leon

Villagran de Leon, entiende la vulnerabilidad como una propiedad compleja que posee tres dimensiones. La primera dimensión hace referencia a los sectores de la sociedad que pueden presentar vulnerabilidad: vivienda, comunicaciones, educación, salud, energía, industria, comercio, finanzas, transporte, infraestructura pública, etc. La segunda dimensión incluye distintas componentes de la vulnerabilidad: física, funcional, económica, humana/del género, administrativa y ambiental. Cada una de dichas componentes se relaciona con otras dando lugar a la susceptibilidad. La tercera dimensión es de tipo espacial, y acota la vulnerabilidad a un ámbito geográfico más menos extenso (nación, provincia, municipio, ámbito local, residencia...) (Figura 2.16).

La evaluación de cada componente de la vulnerabilidad en un determinado lugar se iniciará definiendo el tipo de peligro, estableciendo la escala geográfica de análisis y seleccionando los sectores a analizar (residencias, infraestructuras, finanzas, etc.).

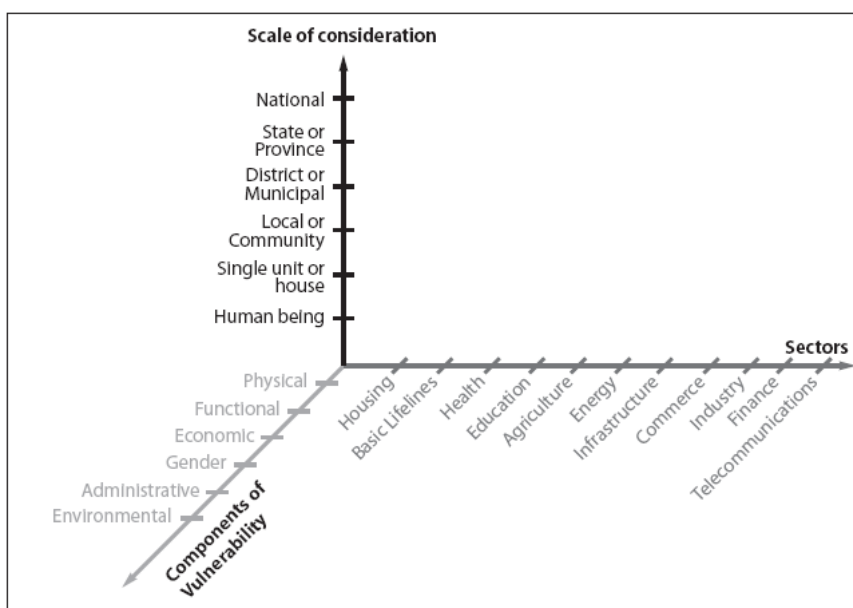


Figura 2.16. Dimensiones Vulnerabilidad
Fuente: (VILLAGRAN DE LEON, 2006)

Cutter

Otro modelo conceptual de la vulnerabilidad es el propuesto por Cutter, conocido como “*hazards-of-place*”, cuyo enfoque se basa en la priorización de los aspectos sociales de la vulnerabilidad y su geolocalización. (CUTTER, 1996) (CUTTER, BORUFF, et al. , 2003). En dicho modelo el riesgo interactúa con la mitigación para dar lugar al peligro potencial. El peligro potencial es posteriormente moderado o incrementado a través de un filtro geográfico (emplazamiento, proximidad) así como por el tejido social del lugar.

La vulnerabilidad de un lugar (*Place vulnerability*) integra dos componentes: la vulnerabilidad biofísica, derivada de su contexto geográfico y la vulnerabilidad social, dependiente de las características socioeconómicas y perceptuales de la población potencialmente afectada. El contexto social incluye la experiencia de la comunidad de vivir con los peligros, y su capacidad a responder a los desastres, recuperarse y adaptarse a los mismos. En este sentido, la influencia de los factores demográficos, económicos y específicos de urbanístico es clave (Figura 2.17).

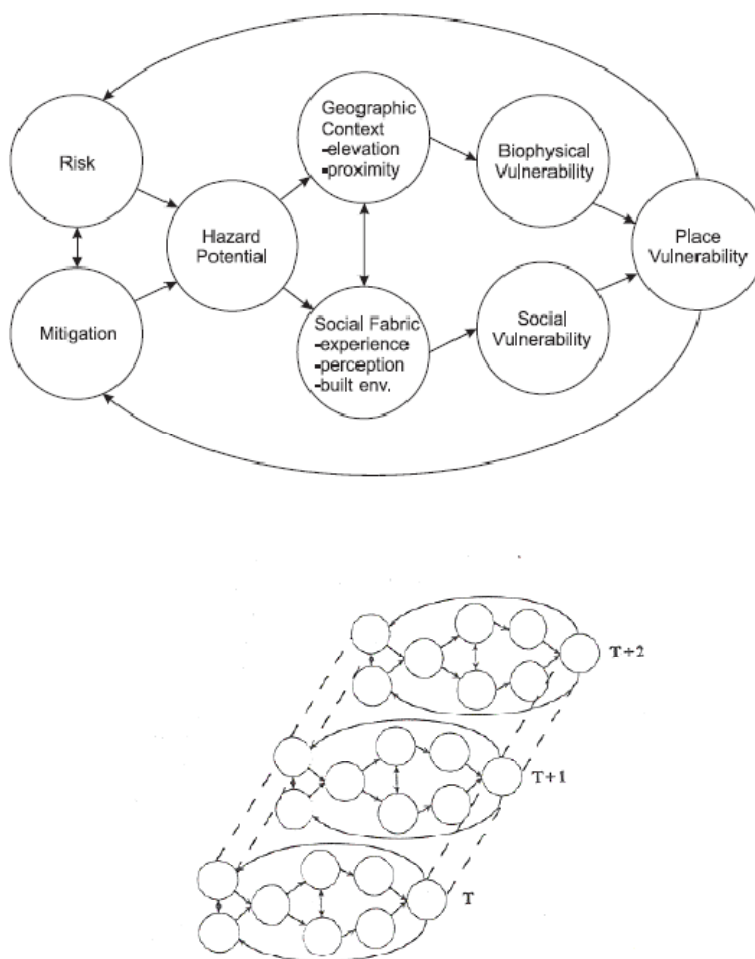


Figura 2.17. El modelo de vulnerabilidad "Hazards-of-Place"
Fuente : (CUTTER, BORUFF, et al., 2003)

Este enfoque de vulnerabilidad « *Hazards of Place* » es utilizado en el proyecto ESPON Natural Hazards para cartografiar la vulnerabilidad de los países de la UE. Sin embargo aunque el modelo se utiliza no se comparte la definición de riesgo con Cutter: *"However, the definitions of risk and hazard potencial differ in these two approaches. Cutter's risk, "the likelihood of occurrence (or probability) of the hazard" (1996:536), corresponds with the Hazard project's definition of hazard potential (magnitude and frequency). Cutter's hazard potential is a*

combination of risk and mitigation, where the Hazards project's risk is a combination of hazard potential and vulnerability.” (KUMPULAINEN, 2006, pp. 68).

Esta amplia serie de visiones sobre la vulnerabilidad, sus componentes y sus funciones, evidencia que desde el punto de vista conceptual, de igual modo que para establecer una definición, no existe todavía un consenso científico internacional. Cada una de las aproximaciones, proporciona una solución conceptual parcial al concepto de la vulnerabilidad y su papel en la reducción de riesgos. Unsd enfatizan algunos aspectos, mientras otras omiten otros (humanidades, ciencias ambientales, tecnología, etc.). Se hace preciso que se proponga una visión holística de la vulnerabilidad. En palabras de TAUBENBOCK, *“Conceptualizations of the various scientific communities are inconsistent, causing misunderstanding in a research field needing multidisciplinary approaches to cope with the holistic effects”*. (TAUBENBOCK, POST, et al., 2008).

Los distintos modelos planteados van incorporando progresivamente nuevos contenidos a la vulnerabilidad. Desde una visión generalista, que en una primera fase vincula la vulnerabilidad a la pobreza progresivamente se van añadiendo nuevos factores al concepto; factores sociales, aspectos biofísicos, aspectos ambientales, etc.

A excepción de la propuesta de Cutter, ninguna de ellas está basada en el establecimiento de un marco territorial de análisis que condiciona el proceso analítico. El factor geográfico se considera implícito, desde la perspectiva de incorporar una escala geográfica de análisis en la aplicación de los modelos, pero la componente espacial de las variables no queda reflejada de forma evidente en ninguno de los modelos planteados.

2.4. Metodologías de evaluación de la vulnerabilidad

Puede parecer incoherente tratar de evaluar la vulnerabilidad a los desastres naturales, cuando hemos visto que, tanto su definición como su marco conceptual están todavía cargados de vacíos e incertidumbres. Sin embargo, dada su importancia y transcendencia en la reducción de los efectos de los desastres naturales, está plenamente justificada la dedicación de la comunidad científica, en el desarrollo y testeo de metodologías de evaluación.

Existen corrientes de opinión partidarias de tratar la vulnerabilidad como una situación relativa y descartarlo de procesos de evaluación objetiva del riesgo. A este respecto, Cardona, (CARDONA, 2005) argumenta que dicha posición es totalmente inoperante y que ineludiblemente la vulnerabilidad forma parte del riesgo, por lo se deben proponer métodos para objetivizar su evaluación y que sea posible la derivación de políticas públicas de mitigación del riesgo basadas en la reducción de la vulnerabilidad.

Birkman incide en la dificultad de encontrar una metodología adecuada para la evaluación de la vulnerabilidad: *"We are still dealing with a paradox: We aim to measure vulnerability, yet we cannot define it precisely."* Así como remarca la falta de metodologías válidas: *"Current approaches to measuring vulnerability often lack any systematic, transparent and understandable development procedures"* (BIRKMANN, 2006).

Rashed y Weeks (RASHED & WEEKS, 2003) argumentan que el análisis de la vulnerabilidad es un tipo de problema mal estructurado (*Ill-structured*). Los problemas pobremente estructurados, a los que Sternberg (STERNBERG, 1999) alude en su *"teoría inversionista de la creatividad"*, son aquellos que no tienen una formulación clara, se desconoce un procedimiento para determinar la solución, y no existen criterios para determinar cuándo se ha conseguido la solución.

Como vimos en apartados anteriores, en una de las expresiones matemáticas más habituales del Riesgo; $Riesgo = Amenaza \times Exposición \times Vulnerabilidad$ tanto la amenaza como la propia vulnerabilidad podrían tomar un rango de valores de 0 a 1. De esta forma, una amenaza igual a 0, o una vulnerabilidad igual a 0, supondrían la eliminación total del riesgo. En el mismo sentido una vulnerabilidad máxima se alcanzaría cuando su valor fuese 1. Sobre esa hipótesis cuantitativista, las metodologías de evaluación de la vulnerabilidad deberían basarse en la obtención de un valor numérico representativo porcentual de la vulnerabilidad. Sin embargo, el análisis documental y bibliográfico evidencia son muy escasos de las metodologías desarrolladas bajo ese enfoque.

Tanto la dificultad en su definición, como la dispersión de marcos conceptuales, hacen prever que la medida de la vulnerabilidad no es una tarea sencilla. Por el momento, las metodologías existentes provienen en su mayoría de estudio de casos y no existen métodos genéricos y unificados de evaluación. Tampoco hasta la fecha se han establecido escalas unificadas de medida de la vulnerabilidad ya sean de tipo cuantitativo o cualitativo.

Una de las cuestiones clave en el estudio de la vulnerabilidad es concretar cuándo debe realizarse. Los manuales de gestión de riesgos proponen que su análisis se realice de forma preventiva, antes de que acontezca cualquier evento catastrófico (pre-catástrofe), con objeto de identificar con antelación, que elementos podrían dañarse y en qué grado. Sin embargo, la realidad pone de manifiesto que dichas predicciones suelen fallar y los efectos del desastre siempre acaban sorprendiendo por su intensidad. Por ello, se considera también adecuado que el estudio se realice después de la catástrofe. De esa forma, se podrá valorar que elementos han sido dañados, en qué intensidad y cuáles han sido sus causas. Se hablaría así de la evaluación de la vulnerabilidad revelada o emergente. En este sentido Birkman, para el caso de la catástrofe del Tsunami de 2004 señala: *"Although vulnerability should normally be identified and measured before the event, one has to acknowledge that most indicator and assessment approaches failed to forecast.... Consequently, there is a need also to measure revealed and*

emergent vulnerability, particularly to low frequency, but high impact events”. (BIRKMANN & FERNANDO, 2007). Este hecho aproxima de forma práctica las tareas de evaluación de vulnerabilidad y evaluación de daños.

Villagran, remarca el hecho de que mientras que existe una gran cantidad de propuestas de definición y modelos conceptuales de vulnerabilidad, los métodos de evaluación son por el contrario muy escasos. (VILLAGRAN DE LEON, 2006). Además subraya el hecho de que no exista un método unificado, válido y generalizado de análisis de vulnerabilidad. La mayoría de propuestas hacen referencia a experiencias concretas en las que se ha optado por una u otra metodología adaptada a cada caso concreto.

En el marco del estudio de los efectos del cambio climático global POLSKY (POLSKY, SCHROTER, et al., 2003) señala, que cualquier metodología de evaluación de vulnerabilidad debería cumplir con los siguientes principios:

- La base de conocimientos sobre la que se asiente debe ser variada y flexible. En este sentido debe proporcionar una visión interdisciplinar, así como adaptarse a distintas escalas de observación.
- La investigación debe estar proyectada en un ámbito geográfico “*place-based*”. El cual preferentemente no debe abarcar a estados o grandes regiones, sino más bien ámbitos concretos y asumibles.
- Los elementos evaluados deberían ser múltiples y en interacción, en lugar de ser únicos o múltiples e independientes.
- La investigación debería evidenciar una capacidad adaptativa diferencial en las comunidades.
- La información debería ser prospectiva e histórica.

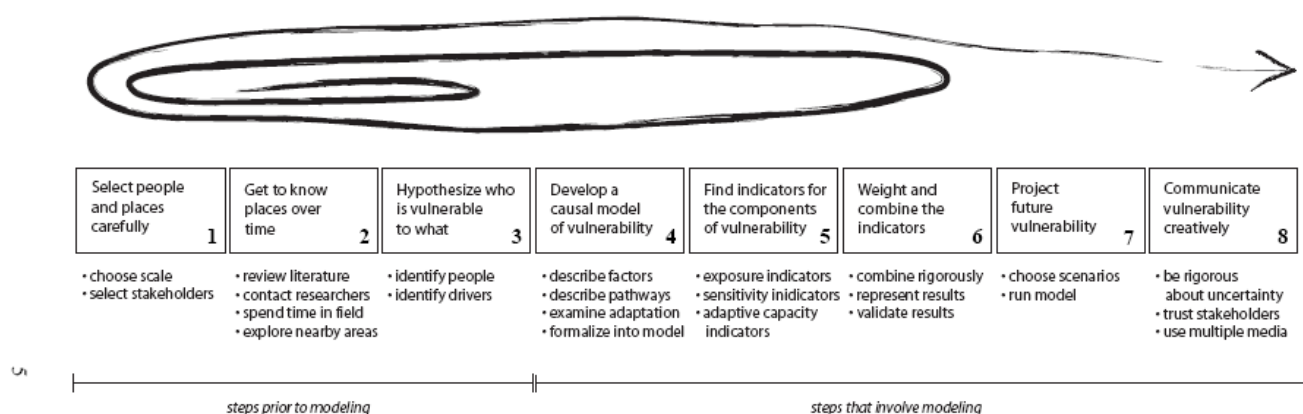


Figura 2.18. Fases en la investigación de la vulnerabilidad
Fuente : (POLSKY, SCHROTER, et al., 2003)

Asimismo, Polsky propone que las metodologías para el análisis de vulnerabilidad deberían tener ocho fases (Figura 2.18):

1. Definir el área de estudio de acuerdo con los actores locales. De hecho, se formula un desarrollo participativo de la evaluación, en la que las personas y las comunidades afectadas estén bien representadas.
2. Conocer en profundidad las zonas geográficas, incluyendo su evolución en el tiempo.
3. Desarrollar hipótesis sobre quién es vulnerable y a qué.
4. Desarrollar un modelo causal de vulnerabilidad.
5. Buscar indicadores de los componentes de la vulnerabilidad. En concreto es importante que los indicadores sean cartografiables.
6. Ponderar y combinar los indicadores. Los indicadores de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa, deberían ser combinados para producir medidas de vulnerabilidad. La valoración debe hacerse junto a los agentes sociales.
7. Proyectar la futura vulnerabilidad. Debería incluir escenarios de las distintas posibilidades y los efectos que tendrían.
8. Comunicar de forma creativa la vulnerabilidad a la comunidad.

Por el momento, la propuesta de Polsky no ha sido trasladada al ámbito de la evaluación de la vulnerabilidad de desastres naturales.

La cartografía de la vulnerabilidad es una técnica frecuentemente utilizada para representar los patrones geográficos de la vulnerabilidad en sus distintas dimensiones; física, social, económica, ambiental etc. Los mapas de vulnerabilidad son un instrumento efectivo para planificadores y gestores para analizar su modelo de distribución geográfico y poder recrear escenarios, diseñar políticas, programas y acciones adecuados. También se consideran instrumentos idóneos para la gestión de la emergencia en el sentido de que pueden ayudar a anticipar actuaciones sobre áreas geográficas en la que se encuentren poblaciones más necesitadas.

Alexander, subraya el interés de la cartografía de la vulnerabilidad: *“The mapping of vulnerability can be conceived of in a wide variety of ways that vary from the simple to the highly complex, in relation with the seriousness of the problem and the availability of resources with which to tackle it”* (ALEXANDER, 2002, pp. 29).

Diversos autores han realizado propuestas diversas para el estudio de la vulnerabilidad, utilizadas en el marco de un caso concreto, pero ninguna de ellas se ha establecido como método universal de evaluación. A continuación presentaremos alguna de dichas aproximaciones.

Peduzzi (PEDUZZI, DAO, et al., 2001) señala que la vulnerabilidad no puede ser medida directamente, sino que puede ser estimada a partir de un conjunto de variables socioeconómicas.

A partir de una de las expresiones genéricas del riesgo: $\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad}$. Peduzzi propone que la vulnerabilidad incluiría dos conceptos más, la exposición y la mitigación. Su estimación puede realizarse de diversas formas:

- Modelos multicriterio ponderados. Si se asume que la vulnerabilidad depende del contexto socio-económico del área geográfica considerada, es posible extraer información de dicho contexto mediante el uso de indicadores. Dichos indicadores serían considerados factores de vulnerabilidad. Una vez seleccionados los mencionados factores, podrán ser combinados convenientemente para dar lugar a un índice compuesto de vulnerabilidad. La ponderación podrá ser lineal o no lineal.

- Modelos de ponderación deducida. Sería similar al método anterior pero el sistema de asignación de pesos se deduciría de la información de base. Se analizan con detalle la importancia de cada factor respecto a la vulnerabilidad total. Esta información por la identificación de las causas de las pérdidas producidas en un desastre. Es decir se identifica el peso de cada parámetro en función de las pérdidas que se han producido.

- Modelos de variables latentes. Son modelos que tienen en cuenta el hecho de que existen variables que no son directamente observables.

Los tres modelos se basan en la obtención de factores de vulnerabilidad:

$$\text{Vulnerabilidad estimada} = F(\text{factores de vulnerabilidad})$$

En su trabajo Peduzzi, realiza una evaluación de la vulnerabilidad para la población a nivel estatal y propone la utilización del método de ponderación deducida. Selecciona los siguientes factores: urbanización (% exposición al peligro de zonas urbanas), crecimiento urbano en los tres últimos años, indicador de corrupción, índice de desarrollo humano, densidad de población afectada, incremento de población en los últimos tres años, producto interior bruto/población total.

A partir de los datos de las pérdidas (muertos, heridos, afectados, etc.) y del inventario de los factores seleccionados en las zonas afectadas realiza un modelo de regresión, con objeto de identificar si existe alguna relación entre los factores y las consecuencias del desastre. De esa forma obtiene un conjunto de pesos que informan del rol que ha jugado cada factor para cada tipo de desastre (Tablas 2.5, 2.6).

hazard type	hdi Human Development Index	corup Corruption index	popd Population density	popdl Local population density	gdpcap GDP per capita	urban Urbanisation	urbang3 Urbanisation growth	popg3 Population growth
Flood	-	-	1.3	-	-	-	13653.0	-
Wind storm	-	67.4	1.2	-	-	-9.5	-	6443.9
Volcano	-	-	-	-	-0.02	10.5	-	-
Ethq. low	-1620.3	103.2	3.2	-	-0.03	16.5	-	-
Ethq. high	-	-	-	8.1	-0.09	36.9	-	-

Tabla 2.5. Relación de pesos asignados a cada factor en función del tipo de peligro evaluado
Fuente : (PEDUZZI, DAO, et al., 2001, pp. 56)

A partir de dichas ponderaciones extrae la siguiente formulación de la vulnerabilidad:

$$\hat{Y}_{2000} = \hat{\beta}_1 \cdot x_{1,2000} + \hat{\beta}_2 \cdot x_{2,2000} + \hat{\beta}_3 \cdot x_{3,1998} + \dots + \hat{\beta}_7 \cdot x_{7,2000}$$

Y vulnerabilidad, β ; factor vulnerabilidad, X; coeficiente

Dicha fórmula podrá ser utilizada posteriormente para el cálculo del riesgo de pérdida de vidas humanas en distintos países, según la fórmula del riesgo:

$$R_c = \sum_{h=1}^4 \hat{Y}_{hc} H_{hc}$$

R : Riesgo Y: Vulnerabilidad H: Peligro
h : Tipo peligro, c : estado/país

Country	Probability	Vulnerability	Estimated risk	Estimated risk (ranked)	Realised risk (ranked)
China	4.810	976	4'694	1	1
Bangladesh	2.048	1'753	3'590	2	8
Indonesia	2.667	988	2'636	3	2
India	4.000	629	2'514	4	4
Philippines	1.810	830	1'503	5	18
Malawi	0.524	2'515	1'317	6	27
Nepal	1.048	976	1'023	7	9
United Republic of Tanzania	0.714	1'389	992	8	43

Tabla 2.6. Cálculo del riesgo de inundación a partir de datos estimados de vulnerabilidad
Fuente : (PEDUZZI, DAO, et al. , 2001, pp. 56)

D'ERCOLE y METZGER, centran la evaluación de la vulnerabilidad territorial en base al análisis de dos elementos: la exposición frente a la amenaza de los elementos esenciales y la accesibilidad. Señalan: *“La filosofía general de la investigación ubica a los elementos esenciales en el centro de la definición del riesgo y cuestiona la concepción habitual del riesgo*

“amenaza versus vulnerabilidad” que coloca a la amenaza en el centro de la definición”. (D'ERCOLE & METZGER, 2002) (D'ERCOLE & METZGER, 2004)

De igual forma, consideran a la accesibilidad como un factor decisivo de la vulnerabilidad al comprometer el acceso a los elementos esenciales, lo que llevaría consigo el aislamiento de la población. *“La pérdida de accesibilidad representa un atentado a las actividades humanas y a la economía de una región o de un país”* (D'ERCOLE & METZGER, 2004). La importancia de la accesibilidad también se extiende por sus implicaciones en la movilidad de la población, la cual resulta decisiva en las fases de emergencia de los desastres.

El método de ERCOLE y METZGER propone una descomposición de la vulnerabilidad en un conjunto de factores relacionados con la población (densidad, edad, nivel de estudios), el acceso a las infraestructuras (electricidad, telefonía, etc.), la accesibilidad (densidad redes viarias, pendiente, proximidad), la exposición a amenazas y la capacidad de gestión de la emergencia.

Proponen un modelo de vulnerabilidad territorial que consta de cuatro dimensiones, que no sólo se superponen sino que pueden combinarse e interactuar para aumentar o disminuir la vulnerabilidad del territorio (Figura 2.19, 2.20). Estas dimensiones son:

- Los elementos esenciales. Constituyen la base de la vulnerabilidad territorial. Se trataría del recurso a conservar.
- La vulnerabilidad espacial. Se trata de espacios frágiles por razones antrópicas, naturales o ambas. Por ejemplo, espacios poco accesibles, espacios expuestos a amenazas, espacios de difícil gestión político administrativa.

Criterios utilizados para la elaboración de los indicadores de vulnerabilidad de la población de los barrios		Indicadores de vulnerabilidad de los barrios	Vulnerabilidad global
• Población joven	Vulnerabilidad debida a la estructura etaria	Vulnerabilidad sociodemográfica	
• Población de edad			
• Nivel de educación			
• Acceso a la red eléctrica			
• Acceso al teléfono			
• Número de habitantes por pieza	Vulnerabilidad socioeconómica		
• Número de vías de entrada/salida del barrio	Grado de accesibilidad		
• Pendiente promedio			
• Distancia hasta los ejes mayores			
• Número máximo de amenazas existentes en el barrio (véase capítulo 3)	Exposición a las amenazas		
• Existencia de preparación para crisis (brigadas)	Capacidad de manejo de crisis		
• Radio de intervención de los bomberos en menos de 10 minutos			
• Distancia hasta los hospitales que disponen de camas			

Figura 2.19. Criterios de análisis de la vulnerabilidad de la población de los barrios de Quito
Fuente : (D'ERCOLE & METZGER, 2004, pp. 243)

- La vulnerabilidad de los elementos esenciales. Se incluiría su vulnerabilidad por exposición a las amenazas, sus vulnerabilidades intrínsecas, la dependencia funcional de la población a los elementos esenciales, la accesibilidad del elemento esencial, las alternativas de funcionamiento, el nivel de preparación para el manejo de la crisis.
- La reducción de la vulnerabilidad. Orientada desde la perspectiva de eliminación de las fragilidades espaciales o de la reducción de la propia vulnerabilidad de los elementos esenciales.

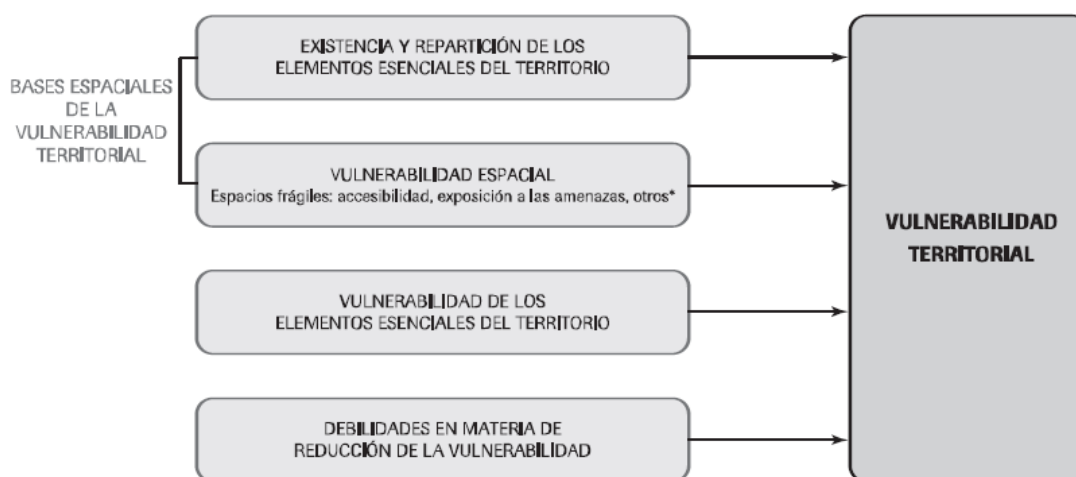


Figura 2.20. Las dimensiones de la vulnerabilidad Territorial
Fuente : (D'ERCOLE & METZGER ,2004, pp. 9)

Dwyer (DWYER, ZOPPOU, et al. , 2004) propone un método de valoración de la vulnerabilidad basado en el estudio de tres componentes (Figura 2.21) :

- Componente constructivo (*Building vulnerability model*). Incluye la identificación del tipo de estructuras de los edificios, el uso de los edificios, sismoresistencia (*Building codes*) y evaluación arquitectónica.
- Vulnerabilidad social (*Social vulnerability Model*). Comprende las siguientes tareas: selección de indicadores, desarrollo de un cuestionario para la percepción de la vulnerabilidad, estimación sintética.
- Vulnerabilidad económica (*Economic Vulnerability Model*). Incluye la evaluación de pérdidas potenciales, directas e indirectas, así como la valoración del nivel de gasto público.

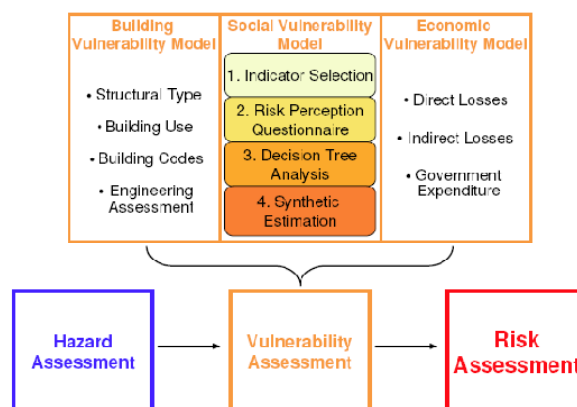


Figura 2.21. Fases en la evaluación del riesgo
Fuente : (DWYER, ZOPPOU, et al. , 2004)

FERRIER (FERRIER & EMDAD HAQUE, 2003) propone un método simplificado de análisis de riesgos en el que se incluye la evaluación de la vulnerabilidad a dos niveles. En primer lugar como factor relativo a los daños potenciales y en segundo término, como valoración social de los daños. Intervienen tres componentes:

- La probabilidad de ocurrencia de un peligro, que debe ser evaluado de 1 a 10 en función de la incidencia histórica del peligro. A partir de una lista de peligros potenciales se asigna un valor a cada uno de ellos. Este factor representaría la amenaza.
- Evaluación de la vulnerabilidad. Consiste en la valoración de la magnitud potencial de los daños ocasionados por la catástrofe. Para ello se chequean los ítems de la tabla 2.7.

Impact Characteristics	Score
• Results in widespread or large-scale loss of life and injuries. Creates financial losses from which my community could not recover.	10
• Results in the loss of ten or more lives and some major injuries. Loss of large numbers of private homes, public infrastructure. Loss of public confidence in the government. Interruption of normal business across the community. Formal declaration of emergency required.	9
• Results in the loss of 5-10 lives and some major injuries. Some loss of private property, public infrastructure. Substantial financial loss for the health care system. Localized interruption of normal business.	8
• Results in the loss of less than 5 lives and some major injuries. Loss of private property. Damage to public infrastructure. Financial loss for the health care system beyond normal response costs.	7
• Results in the loss of a single life and some major injuries. Widespread damage to private property. Major interruption of municipal services and utilities. Large numbers of private homes unfit for habitation.	6
• Results in widespread major injuries. Large amount of damage to private property in individual neighborhoods and locales. Localized interruption of municipal services and utilities. Some homes in individual neighborhoods are unfit for habitation.	5
• Results in widespread minor injuries, some major injuries. Small number of private homes in a single neighborhood are seriously damaged. Interruption of municipal services and/or utilities in a single neighborhood.	4
• Results in widespread minor injuries, no major injuries. Private homes are damaged, but are not unsuitable for habitation.	3
• Results in some minor injuries. Isolated damage to property.	2
• Results in no injuries. No property damage.	1

Tabla 2.7. Niveles de Impacto
Fuente: (FERRIER & EMDAD HAQUE, 2003)

© Valoración de las características sociales (Tabla 2.8)

<u>Social Evaluation Characteristics</u>	<u>Score</u>
Community may not approve a high cost response or prefer a deferment of mitigation and preparedness actions.	10
Damage potential is limited and community prioritize this at a very low level	9
Very limited damage is expected and response-activities should be compared with other social needs.	8
Limited social consequences are expected but some forms of response is preferred.	7
Some degree of social consequences is expected and mitigation and preparedness actions are needed.	6
Community recognizes as low-medium damage potential and prefers a gradual mitigation and preparedness-related actions.	5
Community recognizes as modest damage-potential and prefers a mix of immediate and gradual mitigation and preparedness-related actions	4
Community recognizes as potentially damaging and prefers immediate mitigation and preparedness-related actions.	3
Community recognizes as potentially serious and damaging consequences.	2
Community recognizes as potentially most serious and devastating consequences.	1

Tabla 2.8. Valoración impacto social catástrofes
Fuente : (FERRIER & EMDAD HAQUE, 2003)

El resultado final del riesgo será el producto de (a) x (b) x (c), que como máximo tomará el valor de 1.000 puntos (Tabla 2.9).

1000	900	800	700	600	500	400	300	200	100
900	810	720	630	540	490	360	270	180	90
800	720	640	560	480	400	320	240	160	80
700	630	560	490	420	350	280	210	140	70
600	540	480	420	360	300	240	180	120	60
500	450	400	350	300	250	200	150	100	50
400	360	320	280	240	200	160	120	80	40
300	270	240	210	180	150	120	90	60	30
200	180	160	140	120	100	80	60	40	20
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10

800-1000 Scores – A regular occurrence with potentially serious and damaging impacts. Community ranks it as a top priority. Requires immediate mitigation and planning for emergency response.

500-750 Scores - Infrequent but serious, or frequent but relatively less serious cumulative impact potential. Community ranks it moderately. Should be addressed for mitigation and resources planning from highest to lowest score, as funding and resources are available.

200-490 Scores - Low impact potential event. Community ranks it a low priority and would like to assess mitigation and preparedness cost in relation to other community-priorities.

1-199 Scores – Infrequent event with minimal or no significant potential effects. Community values it as the lowest priority for mitigation and planning purposes. The planning activities could be deferred but should not be ignored.

Tabla 2.9. Valoración impacto social catástrofes
Fuente : (FERRIER & EMDAD HAQUE, 2003)

Vulnerability Capacity Assessment (VCA)

Una metodología que en los últimos años se viene aplicando con profusión para la evaluación de la vulnerabilidad en países en vías de desarrollo, es la conocida como “*Vulnerability and capacity assessment*” (VCA). Más que propiamente, una metodología, se trata de un

procedimiento de evaluación, desarrollado para ayudar a las agencias nacionales, ONGs, comunidades, a entender los peligros que les afectan así como tomar medidas adecuadas para minimizar su impacto potencial. Estas medidas se basan en proporcionar medios, habilidades, conocimientos e iniciativas a la población para prevenir los peligros y poder hacer frente a los efectos de los desastres (RED CROSS INTERNATIONAL, 2007)(UNDP & SPDRP, 1998)

Level one National Society support	
1	Understanding why VCA is being proposed.
2	Sensitizing (of National Society leadership, branches, partners).
3	Setting up a management structure for the VCA.
4	Setting the VCA objectives.
Level two From assessment to planning	
5	Planning the VCA.
6	Preparation phase.
7	Using the investigation tools with the community.
8	Systematizing, analysing and interpreting the data.
9	Returning information to the community and deciding priorities and actions for transformation.
Level three From planning to action	
10	Turn vulnerabilities into capacities through practical actions.
11	Recommendations and report writing for local authorities, donors and partners.
12	Programme implementation: risk reduction projects with the community.

Tabla 2.10. Fases del proceso de una VCA

Fuente : (RED CROSS INTERNATIONAL, 2007, pp 21.)

Su implementación comprende tres fases (Tabla 2.10, Figura 2.22).

- Soporte institucional y definición. (Preparación) Incluye la tarea de sensibilizar a las administraciones de la utilidad del análisis de vulnerabilidad y de establecer con las mismas un plan de implementación.

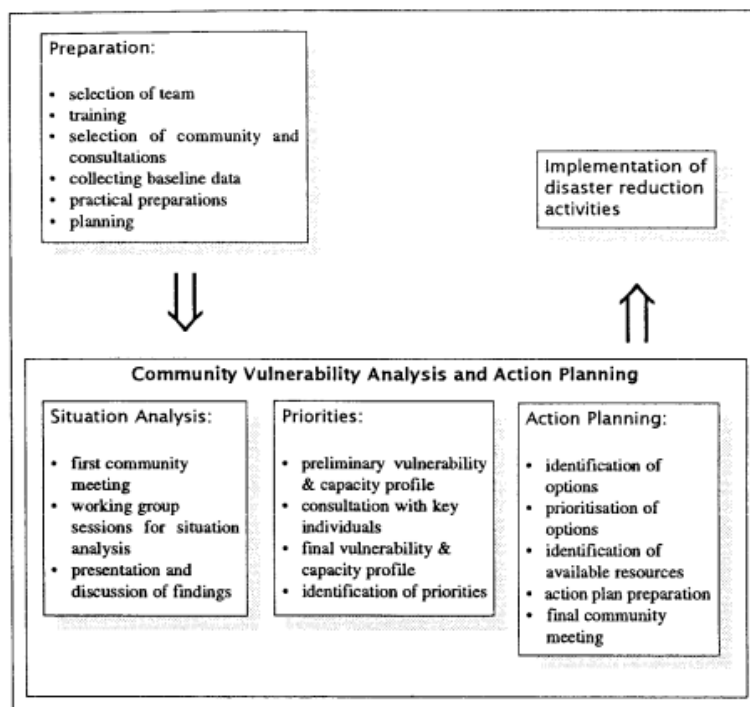


Figura 2.22. Relación de actividades a realizar en una VCA

Fuente : (UNDP & SPDRP, 1998, pp.12)

- Evaluación y planeamiento. Se desarrollan las tareas de diagnóstico de la vulnerabilidad en la comunidad y se proporciona una difusión adecuada a su población. A partir de esa información, se jerarquizan los problemas y se priorizan las acciones a emprender (*Community Vulnerability Analysis and Action Planning*).
- Actuación. Se ejecutan las acciones previstas con objeto de transformar las vulnerabilidades detectadas en capacidades, así como se establece un programa de actividades para la reducción del riesgo en la comunidad.

Es necesario que el VCA se realice de forma coordinada con el resto de fases del ciclo del desastre. En teoría, un VCA proporciona datos esenciales para la planificación de un plan de acción para la reducción de medidas de reducción del riesgo (Figura 2.23).

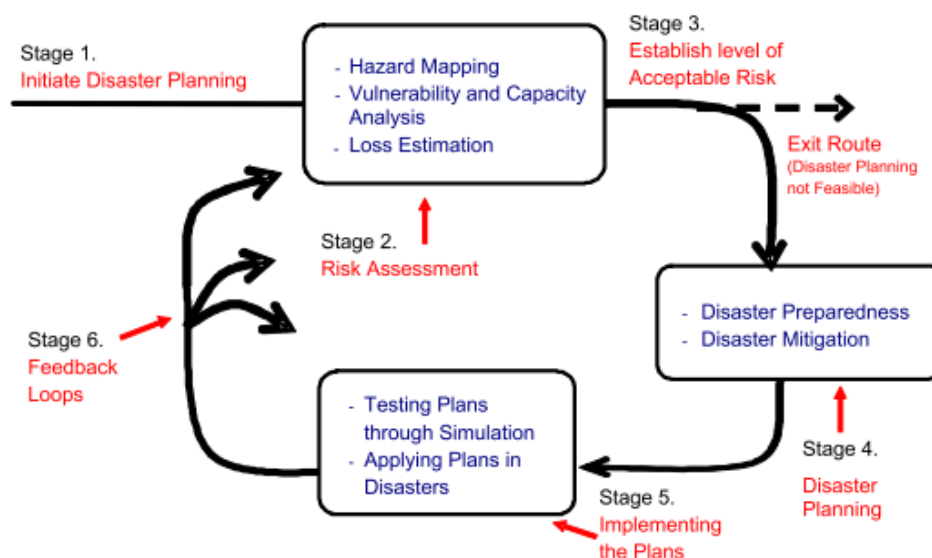


Figura 2.23. Fases del ciclo de Planificación del Desastre. Incluye seis fases. (1) Inicio de la planificación del desastre (2) VCA (3) Definición de niveles de riesgo aceptables. Fase política en la cual se toman decisiones acerca del nivel de protección del plan. (4). Proceso de planificación incluye elementos estructurales (físicos) y no estructurales (sociales/administrativos). (5) Implementación del plan. (6). Feedback.

Fuente : (DAVIS, HAGHEBAERT, et al., 2004)

Para el chequeo de la vulnerabilidad y la capacidad, es habitual recurrir a la aplicación de listas de revisión, que ayudan a ir chequeando de forma sistemática, los distintos aspectos del contexto territorial y social. La valoración de cada uno de los factores considerados proporciona información de tipo cualitativa, pero puede resultar apropiado el empleo de indicadores cuantitativos para su evaluación. La tabla 2.11, incluye un listado de factores de vulnerabilidad y de capacidad incluido en un manual de VCA desarrollado por Provention Consortium (<http://www.proventionconsortium.org/> [Visitado 05.02.2010]). El procedimiento sería identificar en la comunidad evaluada cada uno de los factores seleccionados y valorarlos de

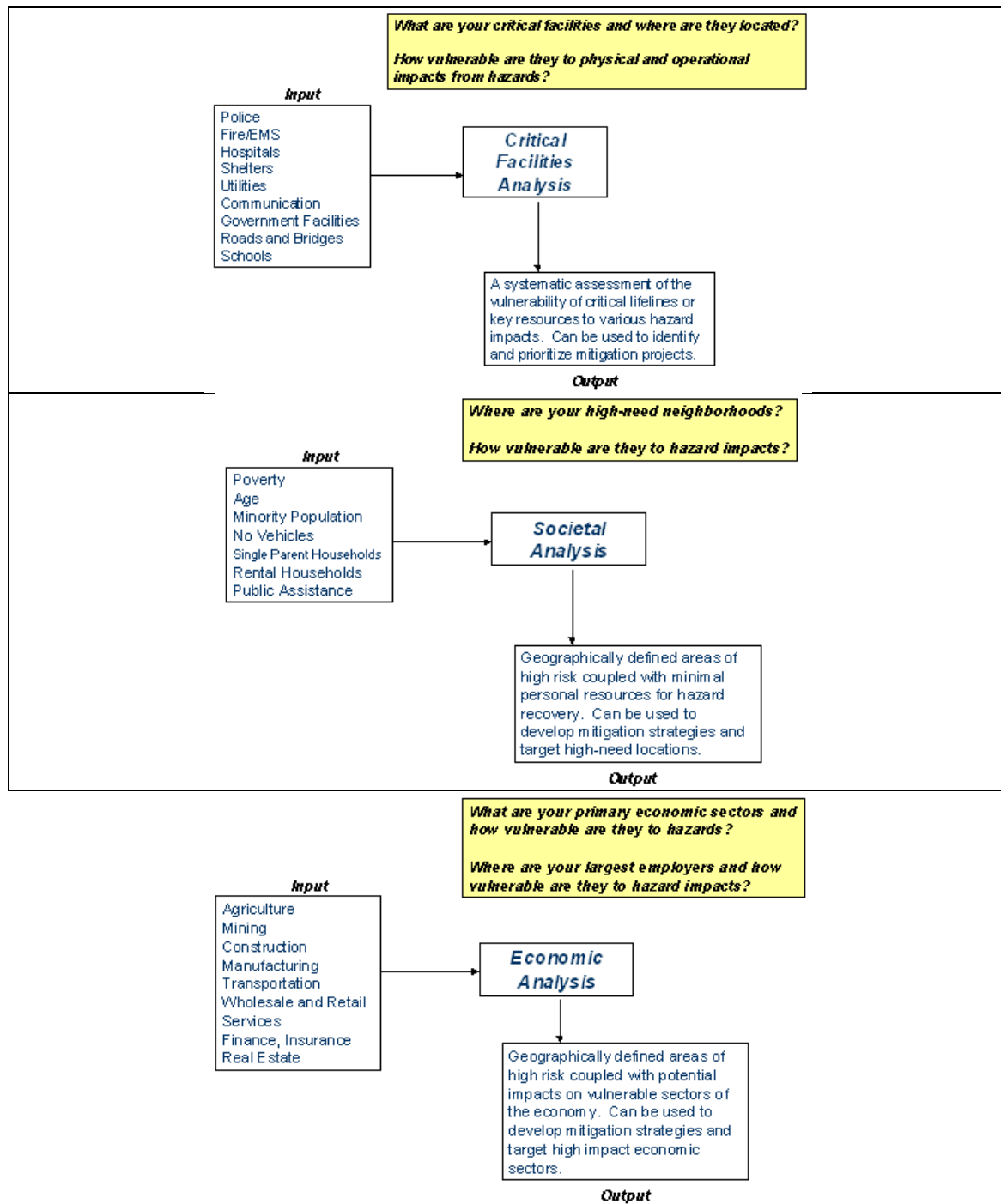
forma conveniente. El resultado de la evaluación formará parte de un plan de reducción de riesgos.

Sectors	Vulnerabilities	Capacities
Social	<ul style="list-style-type: none"> * occupation of unsafe areas * high density occupation of sites and buildings * lack of mobility * low perceptions of risk * vulnerable occupations * vulnerable groups and individuals * corruption * lack of education * poverty * lack of VCA * poor management and leadership * lack of disaster planning and preparedness 	<ul style="list-style-type: none"> * social capital * coping mechanisms * adaptive strategies * memory of past disasters * good governance * ethical standards * local leadership * local NGO's * accountability * well-developed disaster plans and preparedness
Physical	<ul style="list-style-type: none"> * buildings at risk * unsafe infrastructure * unsafe critical facilities * rapid urbanisation 	<ul style="list-style-type: none"> * physical capital * resilient buildings and infrastructure that copes with and resists extreme hazard forces
Economic	<ul style="list-style-type: none"> * mono-crop agriculture * non-diversified economy * subsistence economies * indebtedness * relief/welfare dependency 	<ul style="list-style-type: none"> * economic capital * secure livelihoods * financial reserves * diversified agriculture and economy
Environmental	<ul style="list-style-type: none"> * deforestation * pollution of ground, water and air * the destruction of natural storm barriers, (such as mangroves) * global climate change 	<ul style="list-style-type: none"> * natural environmental capital * the creation of natural barriers to storm action (such as coral reefs) * natural environmental recovery processes, (such as forests recovering from fires) * bio-diversity * responsible natural resource management.

Tabla 2.11. Factores de vulnerabilidad y capacidad
Fuente : (DAVIS, HAGHEBAERT, et al., 2004, pp17).

Risk and vulnerability Assessment (RVA)

El Servicio Costero de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) ha desarrollado una metodología, conocida como RVA (*Risk and Vulnerability Assessment*) que consiste en desagregar la evaluación de la vulnerabilidad en distintos factores: redes de infraestructuras, edificios, aspectos económicos, aspectos ambientales y aspectos sociales. (<http://www.csc.noaa.gov/products/nchaz/startup.htm> visitado [5.02.2010] (Figura 2.24).



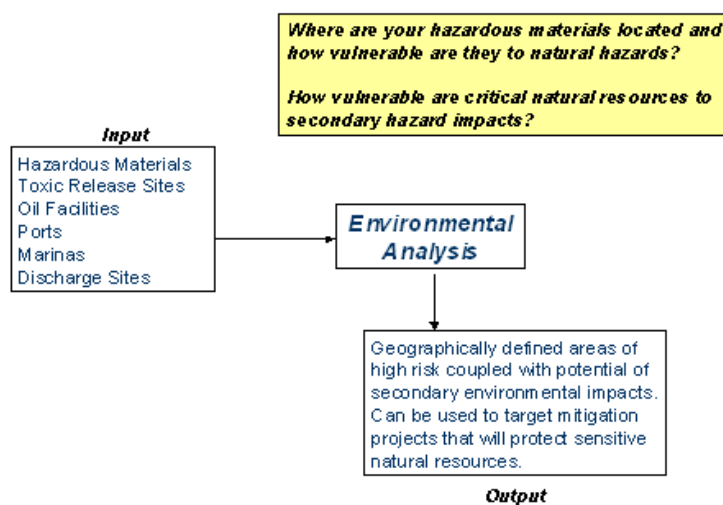


Figura 2.24. Factores de análisis de la vulnerabilidad

Fuente : Vulnerability Assessment Tutorial (<http://www.csc.noaa.gov/products/nchaz/htm/methov.htm> , [visitado 12.10.2008])

La evaluación se puede desarrollar a tres niveles:

- macro (multinacional, regional, nacional o subnacional)
- micro (metropolitano, urbano, comunidad, barrio)
- nivel de sistema (red, área, estructura individual)

RVA al igual que VCA puede ser considerada más que una metodología un procedimiento de gestión del riesgo para la reducción de riesgos basado en el diagnóstico y mitigación de la vulnerabilidad.

Fussel (FUSSEL & KLEIN, 2006) propone un método de valoración de la vulnerabilidad al cambio climático y sus consecuencias en el que se reconocen diversos elementos aplicables al ámbito de la vulnerabilidad frente a las catástrofes naturales. La vulnerabilidad al cambio climático se deriva de dos factores, en primer lugar de la exposición y en segundo término de la sensibilidad. La exposición se refiere a la naturaleza y grado en que el sistema se expone a las variaciones climáticas. La sensibilidad, mide el grado en el cual el sistema puede verse afectado de forma positiva o de forma negativa. El modelo incorpora el concepto de adaptación como uno de los factores que puede conducir a una reducción de la vulnerabilidad (Figura 2.25).

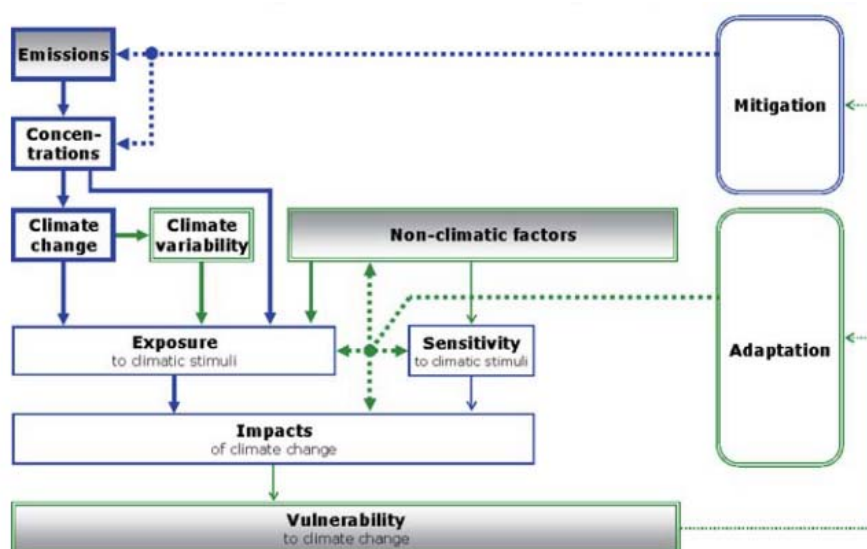


Figura 2.25. Evaluación de la vulnerabilidad
Fuente : (FUSSEL & KLEIN, 2006)

2.5. Atributos e Indicadores de vulnerabilidad

La vulnerabilidad, como factor multidimensional del riesgo está integrada por un conjunto de atributos, factores o indicadores diversos. La revisión de los distintos marcos conceptuales nos advierte que esos atributos, van a ser diferentes en función del tipo de enfoque que se dé a su estudio.

Atributos de la vulnerabilidad

La identificación, análisis e interpretación de los atributos constitutivos de la vulnerabilidad es una de las tareas a resolver por las metodologías de evaluación. Sin embargo, al no existir consenso en esta tarea, se proponen múltiples aproximaciones. De hecho, el propio análisis de la vulnerabilidad puede ser realizado a través del estudio de sus atributos e indicadores.

En este apartado se evalúan distintas propuestas de atributos e indicadores de vulnerabilidad entendida desde una perspectiva genérica, pero desde el enfoque del análisis de la vulnerabilidad a los desastres naturales.

Tomovic señala, que el estudio en profundidad de la vulnerabilidad requiere el conocimiento de sus atributos entre los que señala los siguientes (TOMOVIC, 1963):

- Sensibilidad: Grado en que el sistema sufre una modificación o una perturbación. Se puede medir en el grado de transformación del sistema por unidad de cambio en la perturbación.

- Capacidad de respuesta: Propiedad del sistema para ajustarse o resistir la perturbación, moderar daños potenciales y aprovechar las oportunidades. Varios factores intervienen; resistencia, disponibilidad de reservas e información, mecanismos reguladores internos, vínculos de cooperación con otros sistemas:

- Probabilidad ocurrencia.
- Tipo y magnitud elemento disparador.
- Exposición del sistema (externo, interno). Grado, tiempo o medida en que el sistema permanece en contacto con la perturbación.

Clark describe la vulnerabilidad (CLARK, JAGER, et al., 2000) como un concepto multidimensional que incluye los siguientes atributos:

- exposición: grado en el cual un grupo humano o ecosistema se pone en contacto a un particular tipo de estrés.
- sensibilidad: grado con el cual un elemento es afectado por una exposición a un conjunto de elementos de estrés.
- resiliencia: capacidad del elemento expuesto a resistir o a recuperarse de un daño asociado con la convergencia de múltiples estreses.

Vargas (VARGAS, 2002) interpreta un ecosistema un conjunto de relaciones existentes entre comunidades de seres vivos (incluido el ser humano) y el medio físico en que se relacionan. Y propone que la vulnerabilidad del ecosistema depende de los siguientes factores (figura 2.26):

- Grado de exposición. Sometimiento de un ecosistema a los efectos de una actividad o energía potencialmente peligrosa.
- Protección. Son las defensas del ecosistema que reducen o eliminan la afectación que le puede causar una actividad con potencial destructivo. Pueden ser permanentes, habituales y estables u ocasionales, pero siempre activas frente a la exposición a la amenaza.
- Reacción inmediata. Capacidad del ecosistema para reaccionar, protegerse y evitar el daño en el momento en que se desencadena la energía con potencial destructivo o desestabilizador.
- Recuperación básica. Restablecimiento de las condiciones esenciales de subsistencia de todos los componentes de un ecosistema, evitando su muerte o deterioro con posterioridad al evento destructivo. (Equivale a la rehabilitación).
- Reconstrucción: Recuperación del equilibrio y de las condiciones de vida de un ecosistema y su retorno a la condición previa, o más frecuentemente, a una nueva condición más evolucionada y menos vulnerable.

Estos atributos se pueden expresar de la siguiente forma:

$$\text{Vulnerabilidad} = f(\text{Grado de exposición, protección, reacción inmediata, recuperación básica, Reconstrucción})$$

Lo cual equivaldría a:

$$\text{Vulnerabilidad} = f(\text{Grado de Exposición, Resistencia})$$

$$\text{Resistencia} = f(\text{Homeostasis, Resiliencia})$$

$$\text{Homeostasis} = f(\text{Protección, Reacción Inmediata})$$

$$\text{Resiliencia} = f(\text{Recuperación básica, Reconstrucción})$$

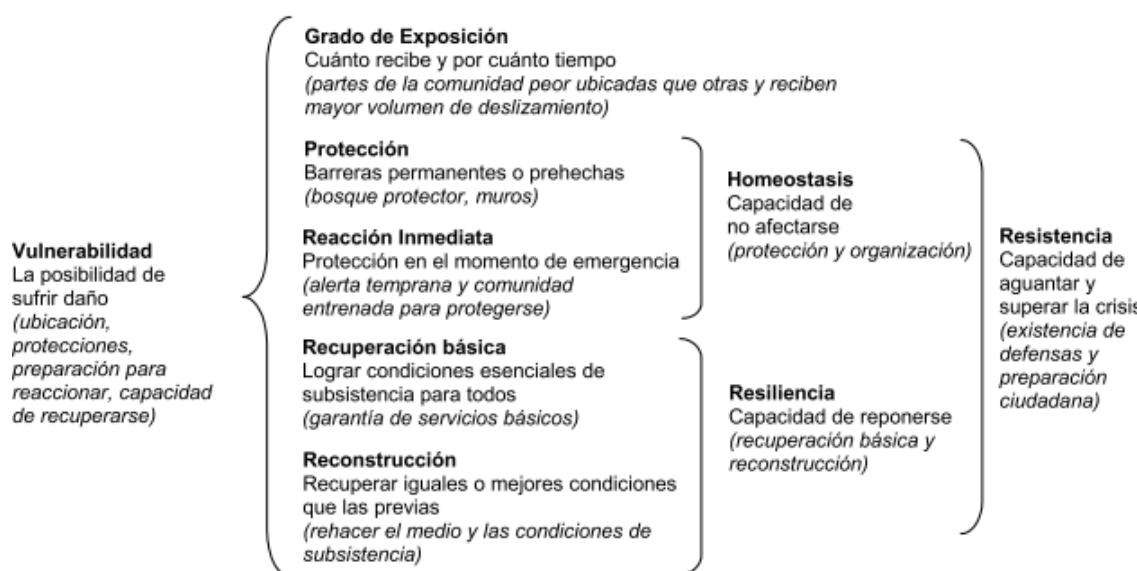


Figura 2.26. Componentes de la vulnerabilidad

Fuente : (VARGAS, 2002)

Otros atributos de la vulnerabilidad quedaron recogidos de forma implícita en el apartado (2.2.) dónde se presentaban algunas expresiones matemáticas del riesgo y la vulnerabilidad.

Indicadores de vulnerabilidad

La vulnerabilidad a las catástrofes naturales como componente multidimensional del riesgo depende de un amplio abanico de factores: de la tipología del evento, del propio elemento evaluado (población, infraestructuras, medioambiente, etc.), de las condiciones físicas, sociales, económicas, ambientales, institucionales del entorno, de la escala geográfica y temporal considerada, etc. Por ello es un tipo de variable cuya cuantificación hace adecuado el uso de indicadores.

En el ámbito de la sostenibilidad, se han dado diversas definiciones acerca de lo que se entiende por un indicador. (GALLOPIN, 1997) Algunos autores lo asimilan a una variable

(CHEVALIER, CHOINIERE, et al.,1992)(HOLLING, 1978), a un parámetro (BAKKES, VAN DEN BORN, et al., 1994), a una medida, (McQUEEN & NOAK, 1988) a una valoración estadística,(TUNSTALL, 1994) a un valor, a un índice ,(HAMMOND, ADRIAANSE, et al. , 1995) a un signo, etc.

En general, un indicador es una variable que refleja el estado de una situación, o de algún aspecto de la misma, en un lugar y un momento determinado. De forma habitual se trata de una información estadística que sintetiza la información que proporcionan los parámetros o variables que se pretende analizar. Una variable es una representación operacional de un atributo (calidad, característica, propiedad) de un sistema. Dicho atributo puede no ser un atributo real de un objeto, sino también una imagen o abstracción del atributo. Un indicador deseable, es una variable que resume o simplifica información relevante, hace visible un fenómenos de interés y cuantifica mide y comunica información relevante (GALLOPIN, 1997).

El uso de indicadores es común en diversas disciplinas científicas como la economía, las ciencias sociales, etc. Las principales funciones que se exigen a un indicador son las siguientes (GALLOPIN, 1996)(TUNSTALL, 1994) :

- que evalúe condiciones y tendencias,
- que facilite la comparación de lugares y situaciones,
- que evalúe condiciones y tendencias en relación a objetivos ,
- que proporcione información para la alerta rápida,
- que anticipe futuras tendencias y condiciones.

Diversos autores han propuesto requerimientos que los indicadores deberían cumplir para ser efectivos (BIRKMANN, 2006)(ADRIAANSE, 1993)(TUNSTALL, 1994) :

- Que sean medibles (o al menos observables).
- Que los datos en los que se basan deben estar disponibles o deben existir métodos habilitados para su obtención y monitorización.
- Su metodología de obtención, proceso y construcción debe ser clara, transparente y estandarizada.
- Los medios técnicos para su construcción y monitorización deben estar disponibles. Ello debe incluir capacidades financieras, técnicas y humanas.
- Su obtención debe suponer un coste adecuado.
- Deben contar con aceptación al nivel correspondiente (local, nacional, internacional).
- Su uso debe contar, preferiblemente, con la participación y el apoyo por parte de la sociedad, administración y del público en general.
- Deben ser relevantes para el hecho que representan.
- Deben contar con relevancia política.
- Sólo deben medir elementos clave, en lugar de aglutinar un conjunto de aspectos.

- Deben ser analítica y estadísticamente significativos.
- Deben ser entendibles y fáciles de interpretar, sensitivos con el fenómeno que representan, precisos y reproducibles.

Se han propuesto nueve fases para el desarrollo de indicadores (MACLAREN, 1996) (BIRKMANN, 2006):

1. Definición de objetivos.
2. Alcance.
3. Establecimiento del marco del indicador.
4. Definición de criterios de selección.
5. Identificación de potenciales indicadores.
6. Selección de los indicadores.
7. Análisis de los resultados del indicador.
8. Generación de informes.
9. Evaluación del rendimiento del indicador.

El estudio de la vulnerabilidad y de sus índices, con objeto de fundamentar el desarrollo de estrategias de mitigación requiere establecer las escalas geográficas de análisis. Para cada escala geográfica (nacional, regional, local, territorial, edificio), los indicadores a considerar podrían ser potencialmente diferentes.

Algunos autores argumentan que la escala local es la de mayor importancia en la minimización de riesgos y vulnerabilidades. Comfort señala: *“Investmen in risk reduction is likely to be most efficient and effective when directed toward improving local capacity to act in coordinated ways to achieve this community-wide goal. The link between policy and practice in disaster mitigation needs to be established at the local level”* (COMFORT, WISNER, et al., 1999)

Birkman (BIRKMANN & FERNANDO, 2007) señala la importancia de los indicadores en el análisis de la vulnerabilidad *“The development of indicators and monitoring tools to identify, measure and assess revealed and emergent vulnerability its important in generating a better understanding of affected communities”*. De la misma manera , enfatiza que la vulnerabilidad no solo debería ser analizada antes de los eventos.

El uso de indicadores está muy extendido en la evaluación de la vulnerabilidad. Teutsch (TEUTSCH BARROS, 2006) señala que es posible identificar dos tipos de metodologías en el análisis de la vulnerabilidad: las que se basan en evaluar la vulnerabilidad a una amenaza concreta (inundación, terremoto, etc.) y aquellas que analizan todas las amenazas en conjunto. Teuch revisa una treintena de estudios de casos de análisis de la vulnerabilidad a distintas amenazas naturales y al cambio climático y encuentra el uso de indicadores como denominador común en todas ellas.

Algunos autores remarcan que a pesar de la conveniencia de abordar el análisis de la vulnerabilidad mediante el uso de indicadores, debe tenerse la precaución de no sucumbir a su uso indiscriminado ya que desemboca en complejos modelos de difícil interpretación. (BOHLE, DOWNING, et al., 1994)

Peduzzi (PEDUZZI, DAO, et al., 2001) en el desarrollo del proyecto GRAVITY (Global Risk and Vulnerability Index – Trends per Year) propone los siguientes indicadores de vulnerabilidad socioeconómica (Tabla 2.12.) :

Variable code	Description	Sources	Comments
gdp	Gross Domestic Product (constant 1995 millions US\$)	UNEP (compiled from World Bank)	1960-2000
pop	Population (persons x 1000)	UNEP (compiled from United Nations Population Division/Dept of Economic and Social Affairs, FAO, WRI)	1960-2000
lifex	Life expectancy (year)	UNEP (compiled from World Bank)	1960-2000
lirate	Literacy rate (%)	UNEP (compiled from World Resources Institute)	1960-2000
surface	Land area (km2)	WHO + ArcWorld (ESRI)	217 countries
hdi	Humand Development Index	UNDP	1998
urban	Urbanisation (%urban population)	UNEP (compiled from World Bank, FAO)	1960-2000
corup	Corruption indicator	Transparency International (TI)	CPI Score 2000

Tabla 2.12. Indicadores socioeconómicos de vulnerabilidad
Fuente : (PEDUZZI, DAO, et al. , 2001, pp. 51)

Cardona (CARDONA, 2007) propone un método para dimensionar la vulnerabilidad y el riesgo, utilizando indicadores a escala nacional de tipo macroeconómicos, sociales, institucionales y técnicos, que ha sido probado a nivel regional y zonal. El objetivo es desarrollar instrumentos que ayuden al proceso decisional en la gestión del riesgo, para proponer acciones eficaces que ayuden a su reducción. Asimismo se plantea tres metas:

- a) Mejorar la presentación y el uso de información sobre riesgos, especialmente para la formulación de políticas públicas de inversión en prevención/mitigación y recuperación de catástrofes.

- b) Proporcionar instrumentos de medida de la vulnerabilidad de los países y su capacidad de gestión de riesgos con objeto de evaluar los efectos de las políticas públicas desarrolladas.
- c) Instrumento para el análisis comparado entre países de información sobre riesgos.

En su estudio, Cardona, propone cuatro índices que combinan el análisis de riesgos y vulnerabilidad; el índice de Déficit por Desastre (IDD), el Índice de Desastres Locales (IDL), el Índice de Vulnerabilidad Prevalente y el Índice de Gestión de Riesgo (IGR).

A pesar de que los cuatro índices tiene, de alguna forma, algo que ver con la vulnerabilidad, el Índice de Vulnerabilidad Permanente (IVP) está específicamente dedicado a su evaluación. El IVP expresa el grado de exposición de un país, su fragilidad socioeconómica y su falta de resiliencia y se representa según la siguiente fórmula:

$$IVP = (IVP_{Exposición} + IVP_{Fragilidad} + IVP_{Resiliencia}) / 3$$

Se trata de un índice compuesto que intenta caracterizar la situación de un país. Se combinan indicadores de crecimiento con la pretensión de capturar las circunstancias que favorecen el impacto físico directo y el impacto indirecto de los eventos catastróficos.

Cada uno de los componentes se descompone en un conjunto de subindicadores:

IVP Exposición y susceptibilidad. Los indicadores que cumplen mejor la función de medir la exposición o susceptibilidad física, son los que reflejan población susceptible, activos, inversiones, producción, medios de sustentos, patrimonios esenciales y actividades humanas, tasas de crecimiento y densidad poblacional. Se incluyen los siguientes indicadores:

- ES1. Crecimiento poblacional (tasa promedio anual en %).
- ES2. Crecimiento urbano (tasa promedio anual en %).
- ES3. Densidad poblacional en personas por área (cada km²).
- ES4. Porcentaje de población pobre con ingresos menores a 1 \$ USA.
- ES5. Stock de capital en millones de dólares por cada 1.000 km².
- ES6. Valor importaciones y exportaciones de bienes y servicios como % PIB.
- ES7 Inversión fija interna del gobierno como porcentaje del PIB.
- ES8 Tierra arable y cultivos permanentes (% área del suelo).

IVP Fragilidad. Se representa mediante indicadores de pobreza, inseguridad humana, dependencia, analfabetismo, disparidad social, desempleo, inflación, deuda y degradación ambiental. Reflejan debilidades relativas que agravarían los efectos directos causados por fenómenos peligrosos. Algunos de estos fenómenos no son aditivos, otros podrían considerarse redundantes, su influencia es esencial. Los indicadores de fragilidad son los siguientes:

- FS1. Índice de pobreza humana.
- FS2. Dependencia de la población vulnerable de la población en capacidad de trabajar.
- FS3. Desigualdad social, concentración del ingreso medida con base en el índice de Gini.
- FS4. Desempleo como porcentaje de la fuerza total de trabajo.
- FS5. Inflación, con base en el costo de los alimentos en % anual.

- FS6. Dependencia del crecimiento del PIB en agricultura en % anual.
- FS7. Servicio de la deuda como porcentaje del PIB.
- FS8. Degradación antropogénica del suelo.

IVP Falta resiliencia. Puede tratarse con un tratamiento complementario o invertido de un amplio número de indicadores relacionados con el nivel de desarrollo humano, el capital humano, la redistribución económica, la gobernabilidad, la protección financiera, la percepción colectiva. El índice incluye los siguientes indicadores:

- FR1. Inverso del índice de desarrollo humano.
- FR2. Índice de desarrollo relacionado con el género (inverso GDI).
- FR3. Gasto social; pensiones, salud y educación (% del PIB).
- FR4. Índice de gobernabilidad (Índice Kaufmann inverso)
- FR5. Aseguramiento de infraestructura y vivienda como % del PIB inv.
- FR6. Televisores por cada 1000 habitantes inv.
- FR7. Camas hospitalarias por cada 1.000 habitantes.
- FR8. Índice de sostenibilidad ambiental (inv ESI).

Granger (GRANGER, JONES, et al., 1999) en el desarrollo del proyecto “*Cities*” propone un índice de vulnerabilidad frente a desastres realizando una desagregación geográfica de los indicadores de vulnerabilidad desde ámbito nacional hasta el nivel de Distrito Censal y plantea la descomposición de la vulnerabilidad en cinco temas (*the five ‘esses’*): Setting, Shelter, Sustenance, Security, Society, para los cuales propone diversos indicadores.

- *Setting*: Población (densidad, cantidad de población, etc.).
- *Shelter* (refugio): número de viviendas, densidad de ocupación de las viviendas, número de apartamentos, ocupación de apartamentos, hoteles, densidad de carreteras, coches, residencias sin coches (capacidad evacuación).
- *Sustenance* (sustento/mantenimiento). *Lifelines* (carreteras, líneas de conducción agua, alcantarillado, electricidad, telecomunicaciones.), equipamientos logísticos (gasolineras, almacenes, polideportivos, etc.), equipamientos de energía y agua (centrales eléctricas, depuradoras, depósitos, etc.), telecomunicaciones,
- *Security*. Seguridad pública (ambulancia, bomberos, fuerzas ejército, policía, emergencia, servicios protección, hospitales., Centros económicos, desventajas económicas, recursos económicos, personas menores de 5 años y mayores de 65 años, residencias alquiladas.
- *Society*. Servicios de la comunidad (iglesias, bibliotecas, centros deportivos, centros culturales), Visitantes, Educación y ocupación, nuevos residentes, personas censadas sin adscripción a ninguna religión.

Taubenbock (TAUBENBOCK, POST, et al. ,2008) propone un modelo de indicadores de las distintos componentes del riesgo (amenazas/exposición/vulnerabilidad) cuya obtención se realiza mediante técnicas de teledetección. Para el caso de la vulnerabilidad distingue los indicadores recogidos en la tabla 2.13.

Exposure x Susceptibility Coping Capacity	Physical Vulnerability	Location	Accessibility, distances, etc.
		Structural exposure	Number of structures, built-up density, building height, building material and construction type, roof type, building age, urbanization rate, sealed areas, open spaces, etc.
		Critical infrastructure	Street- and infrastructure network, public transport, communication lines, pipelines, supply, lifelines, etc.
	Demographic Vulnerability	Population structure	Total population, population density distribution, day- and night-time distribution, age pattern, etc.
		Population development	Population growth rates, migration rates, etc.
	Social Vulnerability	Social status	Education, public awareness, health, social network, gender, etc.
		Accessibility to and supply of local facilities	Hospital, schools, fire brigade, shelters, etc.
	Economic Vulnerability	Individual financial potential	Per-capita income, insurance, property, unemployment rate, etc.
		Governmental potential	Local relief budget, gross national product, help programmes and organisations, inflation, Human Poverty Index (HPI), etc.
	Political Vulnerability	Decision structure	Political system, willingness, early warning systems, crisis and information management, etc.
	Ecological Vulnerability	Natural resources	Water supply and balance, agriculture, forests, etc.

Tabla 2.13. Indicadores Vulnerabilidad Taubenbock
Fuente : (TAUBENBOCK, POST, et al. ,2008)

El proyecto Europeo ESPON Risks (KUMPULAINEN, 2006) plantea una ambiciosa batería de indicadores de vulnerabilidad de marcada naturaleza espacial (tabla 2.14.) :

Indicator	dp/ cc ¹	econ/soc/ ecol ²	Description	Data availability
GDP/capita	dp	econ	High GDP/capita measures the value of endangered physical infrastructure and the extent of possible damage to the economy. Insurance company point of view.	+
population density	dp	econ/ soc	Measures the amount of people in danger.	+
tourism (e.g. number of tourists/number of hotel beds)	dp/ cc	econ/ soc	Tourists or people outside their familiar environment are especially vulnerable for two main reasons. First, they are generally unaware of the risks and don't necessarily understand the seriousness of hazardous situations. They don't necessarily know the local language and thus they are likely to miss important information. Secondly, tourist dwellings are often located in high-risk areas and might not meet the requirements of structural risk mitigation.	+/-
culturally significant sites	dp	econ	Such sites are unique and important for the cultural and historical identity of people, e.g. sites on the UNESCO world heritage list.	+/-
significant natural areas	dp	ecol	Areas with special natural values (e.g. national parks or other significant natural areas) can be considered vulnerable because they are unique and possibly home to rare species of flora or fauna.	+/-
fragmented natural areas	dp	ecol	Natural areas that are small and fragmented are vulnerable, since they are likely to be totally destroyed if a hazard strikes.	+

GDP/capita	cc	soc	Low GDP/capita measures the capacity of people or regions to cope with a catastrophe. In the Hazards project, the national GDP/capita was used because the presumption was that coping capacity is weak in poor countries and strong in rich countries. It was further presumed that there are no marked differences in coping capacity inside a country.	+
education rate	cc	soc	Measures people's ability to understand and gain information. The presumption is that people with a low educational level do not find, seek or understand information concerning risks as well as others, and are therefore vulnerable.	+/-
dependency ratio	cc	soc	Measures the proportion of strong and weak population groups. A region with a high dependency ratio is especially vulnerable for two reasons. First, elderly people and young children are physically frail and thus vulnerable to hazards. Secondly, elderly people and children may not be able to help themselves but need help in the face of a hazard. A region with a high dependency ratio is dependent on help from the outside.	+/-
risk perception	cc	soc	Indicates how people perceive a risk and what their efforts have been to mitigate the effects of a hazard.	-
institutional preparedness	cc		Indicates the level of mitigation of a region.	-
medical infrastructure	cc		Indicates how a region is able to respond to a hazard (e.g. number of hospital beds per 1000 inhabitants or number doctors per 1000 inhabitants).	+/-
technical infrastructure	cc		Indicates how a region is able to respond to a hazard (e.g. number of fire brigades, fire men, helicopters etc.).	+/-
alarm systems	cc		Indicates the level of mitigation of a region.	+/-
share of budget spent on civil defence	cc		Indicates the level of mitigation of a region	+/-
share of budget spent on research and development	cc		Indicates the level of mitigation of a region.	+/-

¹ dp = damage potential, cc= coping capacity

² econ = economic dimension, soc = social dimension, ecol = ecological dimension of vulnerability

Tabla 2.14. Propuesta indicadores vulnerabilidad proyecto ESPON Hazards Project
Fuente : (KUMPULAINEN, 2006)

El modelo metodológico propuesto por KUMPULAINEN, formula una evaluación de la vulnerabilidad por medio de una batería de indicadores, que combinan el diagnóstico del daño potencial y como capacidad de hacer frente a la catástrofe y a la vez, cubren las tres dimensiones de la vulnerabilidad: social, económica y ecológica. Cada indicador se asigna a un grupo (capacidad de hacer frente (cc) o daño potencial (dp)). Resulta significativo observar como el indicador “Turismo”, se incluye en los dos grupos ya que, por un lado la actividad turística es muy sensible al impacto de las catástrofes naturales, pero por otro el potencial turístico de un área puede catalizar una más rápida recuperación.

Handmer (HANDMER, 2003) realiza una propuesta de indicadores de resiliencia a las catástrofes naturales, a la que entiende como opuesta a la vulnerabilidad, e incorpora aspectos sociales y psicológicos (Tabla 2.15).

VARIABLE	LOGIC	POTENTIAL INDICATORS
Livelihood security	Ability to absorb losses through an assured supply of employment, income or other strategies	Wealth, income security
Access to crisis support – formal and informal.	Rich or poor, crises demand support from kin, the state or insurance. Much work esp. in social capital suggests that active networks are key. But emergent networks may be just as effective. Must be visible to be noticed.	Welfare access, insurance coverage, health and emergency service coverage and quality. Household structure. Personal networks. Visibility.
Housing quality	Housing can protect us from most hazards, provides identity and well-being.	House age, condition, insurance, locally appropriate (eg raised), or safe refuges.
Self assessment of resilience.	Psychological state, strong coping ability, and awareness of personal networks, are important factors enhancing resilience. Even if these factors could be measured externally, self assessment may be the most useful approach.	Interviews, well-being indicators. Strength of informal ties and life skills
Dependency	Communities with a high degree of reliance on formal or informal social services will have less resilience.	Percentage of population unemployed including children. Trends would be particularly important here.
Isolation – social and physical	Isolated, less visible groups have less access to crisis support and personal networks.	
Environmental justice	Some groups find themselves in contaminated or otherwise very risky locations—with no avenues for justice.	Self appraisal

Tabla 2.15. Indicadores de resiliencia

Fuente : (HANDMER, 2003)

Existen otras propuestas de indicadores de vulnerabilidad que iremos recogiendo en los capítulos siguientes.

2.6. Tipos de vulnerabilidad

En la literatura científica aparecen descritas diversas formas de vulnerabilidad en función de tres criterios:

- El aspecto al que hace referencia dicha vulnerabilidad (tema). Se habla así de vulnerabilidad frente a las catástrofes de tipo: económico, social, ambiental, física, administrativa, política, etc.
- El tipo de amenaza para el que se inscriben (amenaza): vulnerabilidad sísmica, volcánica, a las inundaciones, a los deslizamientos, etc.
- Y la escala geográfica en la que se establece (escala): vulnerabilidad nacional, regional, local.

Mediante la combinación de los tres criterios se puede concretar de forma más precisa el tipo de vulnerabilidad al que se hace referencia.

En este apartado revisaremos los principales tipos de vulnerabilidad según su temática y tipología de amenaza.

2.6.1. Vulnerabilidad Social

Existen pruebas para establecer que las raíces de la vulnerabilidad a los desastres naturales se encuentran en los patrones del asentamiento y de desarrollo de la población. El impacto de un evento catastrófico no es, por tanto, tan aleatorio, sino que viene determinado por parámetros de interacción social y organización, y especialmente, por un modelo de estratificación social que determina principalmente el acceso a los recursos. Nos estamos refiriendo a la vulnerabilidad social (BLAIKIE, CANNON et al. , 1994)(WISNER, 1993)(CANNON, 1994).

La vulnerabilidad social representa la vulnerabilidad de los individuos, poblaciones, comunidades frente a los desastres. Es una realidad que las sociedades desarrolladas y estructuradas tienen mayor capacidad de responder a los desastres, tanto en la fase de emergencia como en la fase de recuperación, debido a diversas causas: por la calidad de sus construcciones e infraestructuras, por su información sobre la catástrofe y de cómo responder a la misma, por sus sistemas de alerta temprana, por su capacidad de reacción y movilización, por su estructura organizativa, por la gestión de la emergencia, y sobre todo, por su capacidad económica. A pesar de que se conocen alguno de los factores constitutivos de la vulnerabilidad social, no está suficientemente claro el papel que juega cada uno de ellos.

Mientras que los componentes físicos de la vulnerabilidad han sido profusamente estudiados, hay un exiguo conocimiento de los aspectos sociales de la vulnerabilidad frente a los desastres naturales. Probablemente ello se deba a la dificultad intrínseca de cuantificar los aspectos sociales. De hecho, el análisis de las pérdidas sociales propiamente no suele incluirse ni siquiera en los informes de pérdidas postcatástrofe, ya que sólo suelen hacer referencia a la pérdida de vidas, afectados, desplazados etc., pero no a otros atributos de índole social.

El modelo de vulnerabilidad propuesto por Cutter (CUTTER, BORUFF, et al. ,2003) *Hazards-of-place*, examina diversos componentes de la vulnerabilidad social que revisamos en capítulos anteriores.

Alexander (ALEXANDER, 1997), propone una clasificación heurística de la vulnerabilidad basándose en el contexto social y define los siguientes tipos de vulnerabilidades:

- Vulnerabilidad total. Normalmente asignada a la población pobre y desposeída la cual resulta extremadamente susceptible de ser devastada a causa de un desastre.
- Vulnerabilidad tecnológica o tecnocrática, que acompaña normalmente a las poblaciones ricas y habitualmente supone pérdidas cuantiosas y económicas en los

desastres, pero no suele acabar en tragedia personal. Puede haber diferencias sustanciales entre poblaciones (rural/urbana), países pobres/ricos, etc.

- Vulnerabilidad de nueva generación. Se asimila a nuevas poblaciones que se instalan en zonas en peligro a causa de una mal planificación territorial.
- Vulnerabilidad residual.
- Vulnerabilidad a la delincuencia.

Alonso (ALONSO CLIMENT, 2002) desmitifica el hecho de que los desastres llevan implícita la aparición de epidemias y nuevas enfermedades, corrobora que los desastres agudizan y evidencian los problemas que las comunidades ya poseen en condiciones normales. Asimismo, Alonso identifica varias dimensiones de la vulnerabilidad social:

- La vulnerabilidad política se integra en el ámbito de la vulnerabilidad social y hace referencia a las debilidades derivadas a la falta de autogobierno, nivel de dependencia, asunción de competencias de las zonas afectadas por los desastres naturales. La implantación de un modelo de democracia participativa en un ámbito de acción municipal es un elemento de resiliencia frente a los efectos provocados por los desastres naturales.
- La vulnerabilidad ideológica, haciendo referencia al hecho de que determinadas creencias fomentan la resignación y la aceptación del dolor provocado por acciones de la naturaleza en detrimento de acciones preventivas y combativas de los efectos de las catástrofes.
- La vulnerabilidad cultural. Alonso describe dos aspectos: un modelo de sociedad inculta, machista, egoísta, que vive en el victimismo, mezclada con actuaciones paternalistas de caridad benevolentes, junto a un papel nefasto de los medios masivos de comunicación de fomentar la impotencia ante los desastres en lugar de contribuir al desarrollo de una cultura de la prevención, importación de productos de países desarrollados.
- La vulnerabilidad educativa. Necesidad de proporcionar educación útil sobre los peligros, y la forma de hacer frente a los desastres. Con ejemplos concretos y de fácil entendimiento por parte de los niños.
- La vulnerabilidad institucional. La obsolescencia y rigidez de las instituciones y administraciones.

Anderson (ANDERSON-BERRY, 2003) profundiza en la vulnerabilidad de las comunidades, afirmando que no se trata de un estado estático sino dinámico que se genera por las complejas relaciones sociales en la cual participan los atributos de las comunidades y de las poblaciones. Ello incluye:

- Estructuras sociales; infraestructuras e instituciones.
- Procesos y estructuras comunitarias; organizaciones, movilidad, cohesión comunidad.

- Demografía y otras características como: edad, etnicidad, educación y salud.

Dwyer (DWYER, ZOPPOU, et al., 2004) propone un método de evaluación de la vulnerabilidad social en cuatro fases :

- Selección de indicadores.
- Cuestionario de la percepción del riesgo.
- Análisis de decisiones.
- Estimación sintética de la vulnerabilidad.

Cannon (CANNON, 1994) señala que la vulnerabilidad social incluye un conjunto de características de las personas y que, de hecho, sólo es determinada de forma parcial por el tipo de peligro (Tabla 2.16).

- inicial well-being (<i>nutritional status, physical and mental health</i>)
- <i>livelihood and resilience</i> (assets and capitals, income and qualification)
- <i>autoprotection</i> (capability and willingness to build a safe home, use a safe site)
- <i>social protection</i> (preparedness and mitigation measures)
- <i>social and political networks and institutions</i> (social capital, institutional environment and the like)

Tabla 2.16. Indicadores de resiliencia
Fuente : (HANDMER, 2003)

Birkman (BIRKMANN & FERNANDO, 2007) para la evaluación de la vulnerabilidad y la identificación de las acciones a poner en marcha tras el Tsunami de 2004 en Sri Lanka proponen la valoración de los siguientes componentes de la vulnerabilidad, entre los que se encuentran elementos de valoración de la vulnerabilidad social :

- a) Susceptibilidad y grado de exposición:
 - a. Impacto del tsunami en los miembros de la familia y sus pertenencias.
 - b. Estructura de sus viviendas.
 - c. Condiciones de las viviendas e impacto del tsunami.
 - d. Pérdidas directas de las posesiones.
 - e. Actividades y ocupación de los miembros de la vivienda.
- b) Capacidades de hacer frente al desastre:
 - a. Redes sociales.
 - b. Conocimiento de los peligros costeros y del tsunami.
 - c. Soporte financiero para organizaciones formales e informales.
 - d. Acceso a la información, como radio, tv.

c) Herramientas de intervención:

- a. Relocalización e viviendas e infraestructuras al interior.
- b. Puesta en marcha de sistemas de alerta.
- c. Establecimiento de un área de seguridad de 100 m. desde la costa.

Para optimizar las estrategias de la población para afrontar los desastres naturales es importante reconocer las diferentes vulnerabilidades, necesidades y capacidades de los distintos grupos de población. El proyecto Esfera (<http://www.sphereproject.org>) (PROYECTO ESFERA, 2004) analiza las vulnerabilidades y las capacidades de las poblaciones afectadas por los desastres destacando de máxima vulnerabilidad a los desastres los siguientes grupos de individuos: mujeres, personas de edad, discapacitados, enfermos de sida o malaria. De hecho, cuando se hace referencia a dichos colectivos se utiliza la expresión “grupos vulnerables”.

Del análisis de estas experiencias se puede deducir que las comunidades organizadas y con mayor experiencia en la gestión de catástrofes tienen mayor capacidad de responder a los desastres. Cada comunidad asigna una determinada importancia al riesgo del desastre en función de las características de las amenazas a las que se ve sometido. Los factores culturales influyen de forma muy directa en la aceptabilidad del riesgo

2.6.1.1. Factores de la vulnerabilidad social

La vulnerabilidad social es frecuentemente descrita utilizando características individuales de la población (edad, raza, salud, renta, empleo,...) o también como un subproducto de desequilibrios sociales. Se trata de una componente de la vulnerabilidad frente a los desastres naturales multidimensional, por lo que su evaluación precisa su descomposición en una serie de factores, entre los que destacamos los siguientes:

Edad de la población

Juega un papel crítico en la capacidad de hacer frente a una catástrofe. De forma genérica se puede afirmar que los jóvenes y los ancianos poseen la mayor vulnerabilidad, aunque cada desastre tiene un perfil diferente. Por ejemplo, siguiendo el ejemplo de Birkman, en Malasia, la población joven y anciana fue la que padeció mayores pérdidas (Tabla 2.17).

Age group	Absolute number of people killed in the age group	Relative number	Relative mortality in the age group	Absolute number of people in the age group
0-10	36	38%	8%	427
11-20	15	16%	3%	468
21-30	9	10%	2%	442
31-40	11	12%	3%	368
41-50	8	8%	3%	270
51-60	4	4%	2%	182
61 plus	11	12%	11%	102

Tabla 2.17. Muertes y perdidos por grupos de edad en el tsunami de diciembre 2004 en Batticaloa
Fuente : (BIRKMANN & FERNANDO, 2007)

Sin embargo resulta de interés apreciar cómo para el desastre del huracán Katrina en el Estado de Louisiana (USA), el grupo más vulnerable frente al desastre fue el de ancianos con 388 muertes, mientras que en el de los niños de 0-10 años sólo murieron 2 (BIRKMANN & FERNANDO, 2007)

Normalmente la población anciana presenta más problemas de movilidad reducida, así como importantes necesidades de asistencia social, por lo que es un grupo de elevada vulnerabilidad. (se consideran personas de edad, adultos de más de 60 años según Naciones Unidas, sin embargo, el contexto cultural y social influirá en el establecimiento de la edad umbral) El aislamiento es el factor que crea mayor vulnerabilidad a los ancianos en situaciones de desastres, junto a problemas crónicos de salud. A pesar de ello, su experiencia y conocimientos contribuyen a la recuperación tras el desastre y la preservación de la identidad social y cultural de la comunidad.

La vulnerabilidad de los niños y jóvenes es variable de unas comunidades a otras, pero normalmente suele constituir la sección más numerosa de las poblaciones afectadas por los desastres. Según la Convención de los Derechos del Niño se considera que un niño es una persona de menos de 18 años. (http://www.unicef.es/derechos/docs/CDN_06.pdf [visitado 12.03.2009]). A pesar de ello, según el contexto cultural y social, el umbral de infancia puede variar.

Género

El género es un importante factor de vulnerabilidad social frente a desastres naturales. Las mujeres constituye el grupo que presentan mayor vulnerabilidad, especialmente por el rol de sustento familiar que desarrollan, en relación al cuidado de hijos, trabajo en el campo, mantenimiento del hogar. Asimismo, la dificultad de encontrar empleo o su gran responsabilidad familiar hace difícil su recuperación tras un desastre.

Existe un acuerdo unánime de la existencia de diferencias significativas en cuanto a la vulnerabilidad de las personas frente a catástrofes según su sexo. Estas diferencias se relacionan con la fortaleza física, así como con la actividad de las personas. Birkman, en su trabajo de análisis de vulnerabilidad tras el tsunami de Diciembre de 2004, (BIRKMANN & FERNANDO, 2007) explica, por ejemplo, que la incapacidad física de alcanzar el tejado pudo ser una causa de la muerte desproporcionada de mujeres (*“The rehaznos are manifold: some of the affected people interviewed in Batticaola reported that they climbed on the roof of their house, but their rifes or daughers were less abe to do son in the short time available alter noticing the devastating wave”*). Otros trabajos hacen referencia a la incapacidad de las mujeres para nadar, o correr rápido.

Marginación y exclusión

Las personas sin recursos se mantienen al margen de los sistemas sociales y económicos, son siempre más vulnerables frente a los desastres. No tienen acceso a la sanidad, a la educación, al empleo, a la vivienda y no tienen opciones para tomar decisiones ni medios para hacer frente a los desastres.

Raza y etnicidad

Las personas afectadas por un desastre natural que proceden de una raza o una etnia distinta a la mayoritaria de la población en el lugar de residencia tienen tendencia a padecer problemas de comunicación y barreras culturales. Esa circunstancia provoca que padezcan una falta de información sobre los riesgos naturales a los que se encuentran sometidos y una dificultad de acceder a recursos tras un potencial desastre.

Enfermedad

El padecimiento de enfermedades crónicas es un factor crítico de vulnerabilidad de la población frente desastres naturales. Las personas que sufren este tipo de padecimientos es común que sufran discriminación y requieran una atención especial.

De igual modo, las personas con disminuciones físicas, sensoriales o afectivas considerados como discapacitados son también un grupo muy vulnerable frente a desastres naturales. En estos casos, la accesibilidad, junto con el apoyo social son factores de gran importancia para su protección.

Calidad Medio ambiental

El medio ambiente es un factor importante en la vulnerabilidad social, al desarrollar una función de fuente de alimento y subsistencia de las comunidades. Por ello su protección y mantenimiento es considerado un factor básico de vulnerabilidad social.

Educación

La educación de la población frente a los riesgos, amenazas y vulnerabilidades se considera un factor clave de la vulnerabilidad. Una población bien informada sabe anticiparse al peligro, sabe reaccionar ante la emergencia.

En un trabajo sobre los peligros y vulnerabilidad en el Himalaya, Uniyal señala, de cara a la reducción del riesgo, la necesidad no sólo de informar sobre el peligro, sino de llegar a persuadir a las personas vulnerables *“Attempts world also made to persuade the fellow villagers to prevent their children from attempting to cross Rangaon-ka-Kahala at the time of heavy rains”*. (UNIYAL & RAUTELA, 2005).

Existen numerosas experiencias formativas realizadas por organismos internacionales y ONGs frente a las amenazas a grupos y comunidades vulnerables. El programa de los cursos impartidos se centra en proporcionar habilidades a la población para hacer frente al desastre, antes, durante y después del evento catastrófico. (ABARQUEZ & MURSHED, 2004). Se proporciona información a la población acerca de las tareas que debería desarrollar para minimizar el impacto de un desastre (Tabla 2.18).

Gender Roles	Before the disaster		During the disaster		After the disaster	
	women	men	women	men	women	men
ensuring food availability	✓		✓	✓	✓	
care for children	✓		✓	✓	✓	
collect water	✓			✓	✓	
collect fuel	✓		✓		✓	
go to market	✓		✓		✓	
clean house and wash clothes	✓	✓			✓	✓
take care of sick	✓		✓		✓	
give health education	✓		✓		✓	
repair house	✓	✓			✓	✓
attend community meeting	✓	✓			✓	✓
draw evacuation plans	✓	✓		✓	✓	✓
receive warning	✓				✓	
evacuate families and others	✓	✓	✓	✓	✓	✓
guard house	✓			✓		
get capital for small business	✓					

(Harvard Analytical Framework)

Source: Sample activity profile taken from PDRA results in Kampung Pulo, Jakarta, Indonesia during the PDRAA training in March 2004

Tabla 2.18. Actividades a desarrollar por la población en caso de evento catastrófico.

Fuente : (ABARQUEZ & MURSHED, 2004 , pp.120)

En un estudio desarrollado por Brenda Murphy (MURPHY, 2005) se analiza el efecto de los tornados en dos comunidades de Alberta (Canadá) en función del grado de conocimiento de la vulnerabilidad y de preparación frente a la emergencia a nivel local, demostrando que un mayor conocimiento de las causas y consecuencias de los desastres disminuye ostensiblemente el riesgo de las poblaciones.

Eisner (EISNER, 2005) analiza los efectos de la publicación de un documento para la prevención de tsunamis en las comunidades del Pacífico. El texto “*Designin for Tsunamis. Seven Principles for Planning and Designing for Tsunami Hazards*” propone un conjunto de principios fundamentales de prevención que se basan en la reducción de la vulnerabilidad. (Tabla 2.19)

- <i>Know your community's tsunami risk, hazard, vulnerability and exposure</i>
- <i>Avoid new development in tsunami run-up areas to minimize future tsunami losses</i>
- <i>Locate and configure new development that occurs in tsunami run-up areas to minimize future tsunami losses.</i>
- <i>Design and construct new buildings to minimize tsunami damage</i>
- <i>Protect existing development from tsunami losses through redevelopment, retrofit, and land reuse plans and projects.</i>
- <i>Take special precautions in locating and designing infrastructure and critical facilities to minimize tsunami damage.</i>
- <i>Plan for evacuation</i>

Tabla 2.19. Actividades a desarrollar por la población en caso de evento catastrófico.

Fuente : (ABARQUEZ & MURSHED, 2004, pp.120)

El efecto de la publicación del texto y su difusión se consideró decisivo en la minimización de los efectos de los desastres.

El acceso a la información

La información es una componente básica de la vulnerabilidad. Las tecnologías de la información como instrumentos para el acceso y difusión de la información confieren más poder a las personas y las hace menos vulnerables frente a desastres naturales.

Las organizaciones internacionales, en caso de desastres, utilizan la información para acumular poder o para otorgarlo a los demás y gestionar correctamente las catástrofes. Para mejorar la comunicación entre organismos y beneficiarios Cruz Roja Internacional realiza las siguientes propuestas (CRUZ ROJA, 2005):

- Reconocer que la información es de por sí una forma de intervención en casos de desastre.

- Comunicar a donantes, periodistas y opinión pública, la urgencia de las crisis ignoradas.
- Compartir la información recabada en evaluaciones de desastres.
- Promover auditorías públicas de las intervenciones en casos de desastre.
- Apoyar un mejor acceso de las comunidades vulnerables a la tecnología.
- Forjar alianzas para compartir información con el gobierno y las redes de la sociedad.

Redes sociales y participación

Las redes sociales se consideran uno de los aspectos clave para reducir los efectos de los desastres. Nos referimos a redes sociales formales (asociaciones religiosas, sociedades de desarrollo rural, cofradías pescadores, etc.) y a redes informales, como redes familiares, vecinos, amigos, etc.

En las ciudades con poblaciones estacionales o emigrantes, las redes sociales y económicas tienden a ser débiles. (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), 2004) y el efecto de los desastres es más devastador.

Calvo abunda en el hecho de que aquellas sociedades que poseen una trama compleja de organizaciones con funciones solidarias, pueden absorber más fácilmente las consecuencias de un desastre, paliarlo y reaccionar con mayor rapidez que las que no la tienen. (CALVO GARCÍA-TORNEL, 2001, pp. 113.)

La población y sus estructuras sociales frente a los desastres desarrollan mecanismos, capacidades y procesos para la reducción de su vulnerabilidad. (CHAMBERS, 2006). Podemos reconocer capacidades de reducción del efecto de los desastres en las estructuras sociales antes del evento, durante y después.

Uno de los factores decisivos en el análisis, gestión y mitigación de la vulnerabilidad es el fomento de la participación activa de agentes locales, población, etc. En este sentido Barroca apunta (BARROCA, BERNARDARA, et al., 2006) “*Vulnerability becomes a statutory value if its base don public participation and not only a subject of discusión alter flooding events. For this reason the focus should be put on the need of the participation all the stakeholders on the vulnerability understanding and modelling*”

Nivel de renta / Pobreza

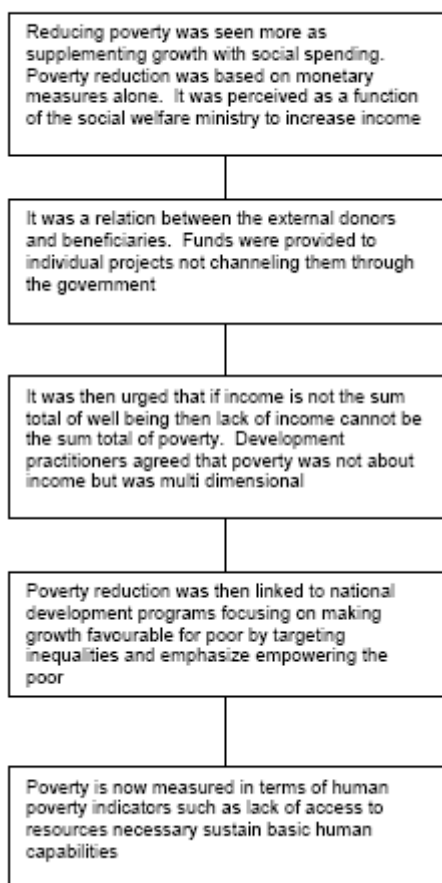
El nivel de renta de la población es clave para poder responder ante las pérdidas provocadas por un desastre. La capacidad económica facilita el acceso a los recursos y reduce en tiempo y en intensidad los efectos negativos. El nivel de renta puede quedar reflejado en numerosos aspectos del territorio: tipologías constructivas, nº viviendas en alquiler/viviendas en propiedad, etc.

La pobreza es uno de los factores de mayor influencia en el impacto de una catástrofe. La pobreza genera vulnerabilidad a las catástrofes y explica porqué siempre las víctimas de los

desastres suelen ser mayoritariamente personas pobres en países pobres. (PNUD. UNDRO, 1992).

Yodmani reflexiona sobre las relaciones entre vulnerabilidad y pobreza y establece una evaluación paralela de ambos conceptos (Figura 2.27.) En este sentido Yodmani señala: *“While it is clear that the poor are often the most affected in a disaster, it is too simplistic to assume that there is a direct and absolute correlation between poverty and vulnerability .. the nature of vulnerability of poor is complex and varied. Hence there are no straightforward solution for risk reduction for the poor. It will require multi-dimensional approaches and innovative institutional arrangements to achieve the goal of risk reduction for the poor”*(YODMANI , 2001).

Evolution of the Poverty Paradigm



Evolution of the Disaster Paradigm

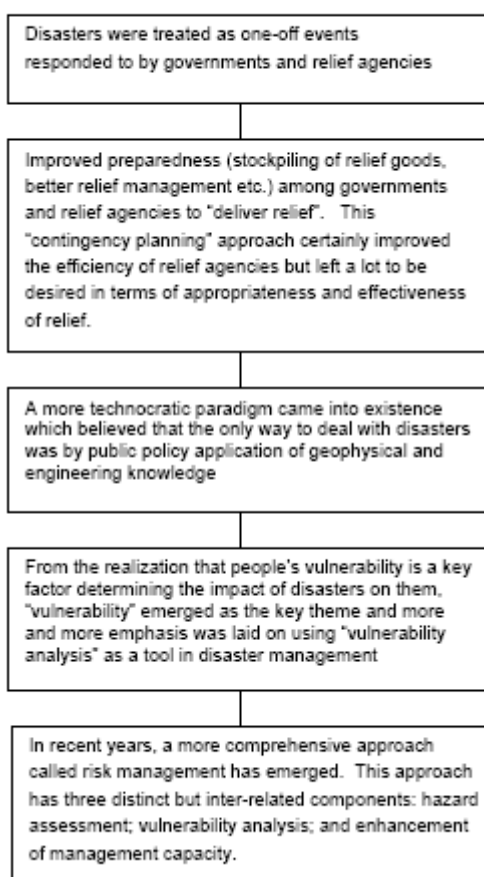


Figura 2.27. Evolución de los paradigmas de pobreza humana y la gestión de riesgos (YODMANI, 2001 , pp.3.)

Las tareas de reconstrucción tras un desastre en áreas de pobreza extrema no se perciben desde la perspectiva estricta de restablecer condiciones previas al desastre, ya que debido a los elevados niveles de pobreza, degradación ambiental e injusticia la cuestión decisiva es saber ¿Qué hay que recuperar? (MUSTAFA, 2003).

La pobreza es uno de los factores clave de la vulnerabilidad social. Una cuestión importante a resolver es si la vulnerabilidad a los desastres se asocia de forma estructural a la pobreza o si la vulnerabilidad es un efecto colateral, secundario que puede ser intervenido con políticas, instrumentos y acciones compensatorias (ALONSO CLIMENT, 2002). El enfoque a esta cuestión es un elemento relevante en la definición de estrategias de mitigación.

La relación entre la pobreza y vulnerabilidad se evidencian de forma continua en el análisis de los efectos provocados por las catástrofes. Sin embargo, tal y como afirma YODMANI todavía son pocos los ejemplos de integración del análisis de riesgos y vulnerabilidad frente a los desastres en los programas de reducción de la pobreza. Se suele prestar más atención a la integración de la pobreza a la gestión medioambiental, desarrollo del género, salud pública (YODMANI, 2001)

La pobreza es un indicador de la falta de acceso a los recursos y del escaso nivel de renta de la población, por lo que constituye un indicador de vulnerabilidad social frente a desastres naturales. Algunos autores asimilan ambos conceptos. Sin embargo, en mi opinión, en el análisis de la vulnerabilidad social frente a desastres la pobreza no debe ser el único indicador.

El crecimiento población

El crecimiento de la población provoca una mayor probabilidad de padecer pérdidas. A más personas, más nivel de urbanización, más zonas potencialmente afectadas, más pérdidas potenciales. Por ello, el crecimiento de las ciudades y el abandono del campo también inciden notablemente en incrementar el efecto de las catástrofes naturales.

Zonas rurales

Aproximadamente el 70% de la población pobre vive en zonas rurales (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) , 2004). Esta circunstancia condiciona que el medio rural aglutine la mayor parte de las pérdidas de los desastres.

Normalmente las comunidades de las zonas rurales tras un desastre tienen problemas de recuperación debido a que sus economías son más dependientes de su ámbito geográfico próximo. Asimismo, las comunidades aisladas manifiestan problemas de acceso de los servicios de emergencia para atender la catástrofe o de iniciar la recuperación.

Crecimiento zonas urbanas

Una de las cuestiones que resultan más problemáticas para la reducción del efecto de los desastres naturales es el modelo de crecimiento de la población actual basado en el crecimiento indiscriminado de las zonas urbanas, en especial en África, Asia, América Latina y Caribe. En la actualidad más de la mitad de la población mundial vive en ciudades.

En las zonas urbanas el problema durante la fase de emergencia es la evacuación de la población, y tras la emergencia la concentración de población afectada hace necesaria una complicada logística de manutención y ayudas.

El último informe de Naciones Unidas sobre el seguimiento del Marco de Acción de Hyogo, señala que en el 2008, más de la mitad de la población del mundo ya vive en zonas urbanas. Se prevé que esta cifra alcance en 2030 los 5.000 millones de personas. Esta es una cifra sin precedentes, especialmente en África y Asia que dará lugar a una elevada densidad de la población, medios de vida insuficiente, falta de acceso a los servicios básicos y otros aspectos de la vulnerabilidad social (NACIONES UNIDAS , 2008) frente a desastres naturales.

Política

Ray-Bennet remarca que una de las claves fundamentales del impacto de los desastres por encima de otros factores es la vulnerabilidad política. (RAY-BENNET, 2007). Ray-Bennet describe la vulnerabilidad política de la India y evalúa sus efectos sobre la recuperación de la población a los desastres. Señala que en particular el problema radica en el hecho de que las políticas de gestión de desastres normalmente son de tipo curativo, es decir tras el desastre, y es escasamente preventivo. Además, muchos de los proyectos de desarrollo tampoco se conciben desde la óptica de la reducción de la vulnerabilidad.

Jeffery abunda en este hecho subrayando la desestabilización política y militar como fuentes de la vulnerabilidad a los desastres de las regiones y estados (JEFFERY, 1982).

La globalización

En un modelo económico, ambiental globalizado los desastres provocan efectos que no sólo afectan a las regiones y países donde se han producido físicamente, sino que pueden generar impacto sobre zonas distantes que pueden verse interconectadas.

La globalización supone la pérdida de identidad social, crecimiento de la inmigración, desconocimiento de lo propio, dificultad en la interrelación personal, disminución del uso materiales y técnicas autóctonas, etc. Todo ello conduce a un mayor impacto de los desastres naturales.

La percepción de la vulnerabilidad

Los estudios de percepción del riesgo se iniciaron a finales de los años 60'. En principio se basaban en el estudio de la percepción en relación con comportamientos y características personales, pero el concepto de "riesgo percibido" no se consolida hasta mediados de los 70' ((SLOVIC, 2000).

La percepción del riesgo y la vulnerabilidad por parte de la población se relaciona de forma directa con la cantidad y calidad de las acciones preventivas y la capacidad de reacción frente a las catástrofes.

Armas (ARMAS, 2006) (ARMAS, DAMIAN, et al. , 2006) realiza un estudio de la percepción de la vulnerabilidad frente al peligro de terremoto en la ciudad de Bucarest (Rumanía). Considera, entre otros, los siguientes factores; edad, género, renta, salario, tipo de residencia, empleo, educación, percepción del riesgo, entendimiento del peligro. Armas concluye que la población no está preparada para hacer frente a un terremoto, especialmente por el hecho de existir un alto porcentaje de la población que niega que pueda producirse (Tabla 2.20). Encuentra variaciones en la percepción en cuanto a factores demográficos (sexo, edad, educación,..) y factores socio-económicos. Asimismo, el trabajo delata variaciones en la percepción de un estudio similar realizado en 1977, hecho que prueba una degradación del centro histórico de la ciudad, así como un envejecimiento generalizado de su población.

Number	Indicator	Selected References
1	Age	Davidson, 1997; Granger <i>et al.</i> , 1999; King and MacGregor, 2000; Pelling, 2003
2	Gender	Granger <i>et al.</i> , 1999; Fordham, 2000
3	Income	Granger <i>et al.</i> , 1999; Dwyer <i>et al.</i> , 2004
4	Residence type	Bolin and Stanford, 1991; Dwyer <i>et al.</i> , 2004
5	Property form	Young, 1998
6	Employment	Buckle, 2000
7	Education	Buckle, 2000
8	Household type	Granger <i>et al.</i> , 1999; King and MacGregor, 2000; Buckle, 2000
9	Savings	Dwyer <i>et al.</i> , 2004
10	Resilience capacity	Young, 1998; Pelling, 2003
11	Expected residence damage and losses	HAZUS 99 Technical Manual
12	Perception of risk	Kates, 1971; Fischhoff <i>et al.</i> , 1978; Jasanoff, 1998; Heijmans, 2001; Johnston <i>et al.</i> , 2005
13	Understanding of hazard	Kates, 1971; White, 1974; Granger <i>et al.</i> , 1999; King and MacGregor, 2000
14	Trust in authority figure	Jasanoff, 1998; Fordham, 2000

Tabla 2.20. Factores considerados
Fuente : (ARMAS, 2006)

Alexander (ALEXANDER, 2000) señala que la vulnerabilidad puede ser reducida o amplificada en función de la percepción que se tenga de la misma, así como del tipo de acción o respuesta que se tome respecto a ella. De esta forma distingue una serie de tipologías de vulnerabilidad:

- Vulnerabilidad primitiva (*Pristine vulnerability*).
- *Primary vulnerability*.
- *Secondary vulnerability*.

- *Deprived vulnerability*. Hace referencia al tipo de vulnerabilidad que se obtiene cuando los resultados de la investigación de la vulnerabilidad no se utilizan.
- Vulnerabilidad voluntaria (*Wilful vulnerability*) Cuando los conocimientos de la vulnerabilidad se ignoran de forma deliberada.

Anderson (ANDERSON-BERRY, 2003) realiza un análisis de la vulnerabilidad frente a ciclones en la costa australiana, evidenciando la vulnerabilidad social a través de encuestas a los residentes y escolares antes y después de eventos catastróficos. El resultado muestra la necesidad de mejorar las campañas de información e instrucción que realiza la administración pública frente a los desastres. Anderson critica el hecho de que el tono de las campañas de alerta, es simplemente informativo, y no se prepara especialmente a la población a responder al impacto del ciclón. Propone que debería mejorarse el nivel de información de la población y explicar a los residentes cómo reducir su vulnerabilidad, así como enseñarles acerca del tipo de decisiones a tomar y acciones a emprender.

Arranz (ARRANZ LOZANO, 2003) analiza los factores que influyen en la percepción de la vulnerabilidad de la población por exposición a los peligros naturales en relación con la selección del lugar de residencia, y destaca dos:

- Valoración económica: relación pérdidas-ganancias. Se estima que las personas evalúan las ventajas económicas que les supone vivir en una zona vulnerable y si se considera rentable el equilibrio beneficios-pérdidas seleccionará dicho emplazamiento para establecer su residencia. Este hecho ya fue observado por Kates y Burton, así como por Smith.
- La inercia del mantenimiento de las ciudades existentes como lugar de residencia. Un hecho que resulta curioso es la capacidad de las ciudades para recobrase de las catástrofes, sean naturales, tecnológicas o de los efectos de las guerras. Incluso aquellas que han llegado a perder más del 90 % de su población, han sido reconstruidas. (Incendio, Chicago 1871 – Londres, 1666; Terremoto, San Francisco 1906; Inundaciones Lisboa 1755; Volcanes, Pompeya 79 A.D. etc.). (VALE & CAMPANELLA, 2005). Se trata de una resiliencia peculiar ligada a una percepción errónea de la vulnerabilidad a los desastres.

Accesibilidad

El establecimiento de mecanismos para facilitar la evacuación de la población en caso de evento catastrófico es un factor clave en de la vulnerabilidad social. El comportamiento de la población en caso de desastre es complejo y es necesario que la administración pública haya habilitado sistemas de evacuación que sean conocidos por la población.

Slodoban, en el 2005 ((SLOBODAN & AHMAD, 2005) propone un modelo teórico para simular la problemática en la evacuación de la población en función de diversos aspectos (conocimiento del desastre, edad, conocimiento de las áreas de refugio, etc.).(Figura 2.28).

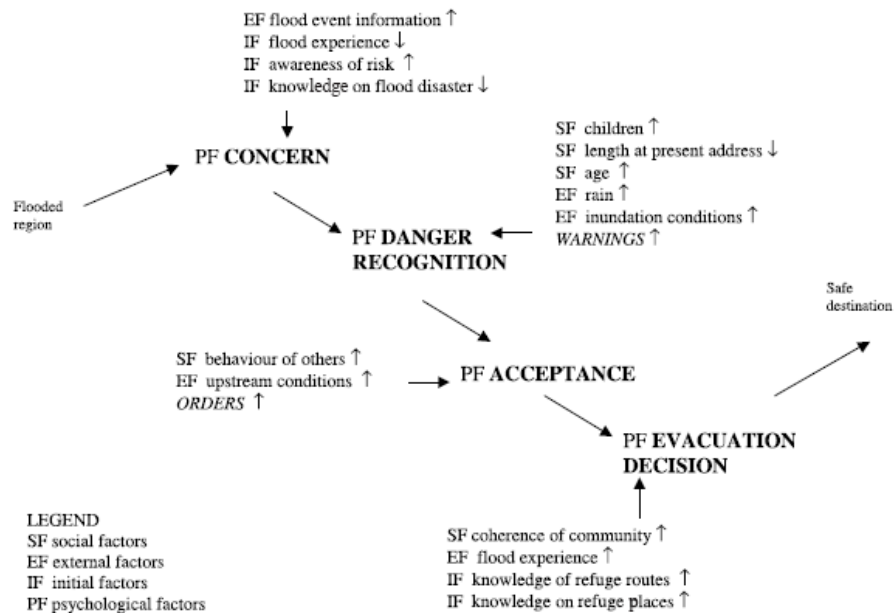


Figura 2.28. Marco conceptual de un modelo del comportamiento de la población frente a la evacuación
 Fuente : (SLOBODAN & AHMAD, 2005)

Solidaridad, medios de comunicación

La gestión de las donaciones presenta gran controversia, tal y como reclama Solidad Internacional, los trabajos de reconstrucción realizados en las primeras semanas tras la catástrofe, debería considerarse propiamente una fase de reconstrucción, no ya de emergencia. Es importante alcanzar resultados que sean más definitivos desde un primer momento y que las soluciones temporales sean de suficiente calidad. Es importante que el modelo de reconstrucción integre el sector humanitario y el sector del desarrollo.

Las donaciones son en su gran mayoría a corto plazo y existen escasos compromisos a medio y largo plazo.

Bull-Kamanga (BULL-KAMANGA, DIAGNE, et al. , 2003) alarma sobre el hecho de la falta de coordinación entre las agencias internacionales de desarrollo de proyectos de protección frente a desastres y proyectos de desarrollo. Remarca el hecho de que en la mayoría de los casos los proyectos no se desarrollan de forma coordinada y que la descoordinación entre ellas les provoca efectos contradictorios con la protección de riesgos y reducción de la vulnerabilidad.

Los medios de comunicación juegan un papel decisivo en la solidaridad frente a las catástrofes naturales, la percepción de la vulnerabilidad y la contribución a la reconstrucción. El sensacionalismo es la característica principal del tratamiento de los medios de comunicación al desastre. Se enfatiza la cuantificación y descripción de daños (personas afectadas, infraestructurales, persistencia del fenómeno), dando privilegio a los caos más destructivos. Este modelo da lugar a reacciones de temor e impotencia de las poblaciones afectadas. (SOLIDARIDAD INTERNACIONAL, 2002)

Bermúdez lamenta que los medios de comunicación no se aprovechan adecuadamente para fomentar la educación en la prevención y mitigación de los desastres (BERMÚDEZ CHÁVEZ 1992). Señala que es desalentador que tan sólo una décima parte de los programas televisivos dedicados a los desastres naturales sean de carácter educativo.

2.6.1.2. Indicadores de vulnerabilidad social

A partir de los 60' se difundió el uso de indicadores sociales, sobre todo en referencia a control de variables socioeconómicas de ámbito nacional (SMITH, 1973)(DUNCAN, 1969)(LAND & SPILERMAN, 1975). Fue a partir de los 70' cuando se desarrollaron profundos estudios en el área de la calidad de vida que fomentaban el uso de indicadores sociales (CUTTER, 1985). Desde entonces, numerosas agencias estadísticas, de investigación y desarrollo han utilizado tradicionalmente indicadores sociales para realizar evaluaciones comparativas entre diferentes estados y poblaciones. En los últimos años a raíz de la preocupación por la sostenibilidad medioambiental se ha dado un nuevo impulso al uso extensivo de indicadores sociales en el ámbito científico.

Los indicadores sociales proporcionan una medida del comportamiento de algunos componentes sociales, pero resulta compleja su selección y su evaluación. Un buen indicador debe tener una base conceptual sólida sobre la que asienta la valoración de un atributo concreto por lo que no es sencillo que todos los aspectos sociales puedan quedar recogidos. A pesar de la estrategia de agregación de factores, una lista o batería de indicadores inevitablemente llevará consigo la exclusión de algún tipo de aspecto del fenómeno a evaluar. Un indicador social es una medida de resumen, preferentemente estadístico, referida a la cantidad o magnitud de un conjunto de atributos de una sociedad. Se habla de indicadores simples cuando se refieren atributos que son constatables a nivel empírico y complejos cuando son agregados y su obtención no es constatable empíricamente.

La mayoría de investigaciones realizadas en el desarrollo de indicadores sociales en el ámbito de la vulnerabilidad frente a catástrofes naturales son de tipo cualitativo debido a la complejidad de cuantificar las estructuras sociales, aspectos culturales, comportamientos, etc.

Difícilmente se encuentran investigaciones que propongan indicadores cuantitativos y que planteen una visión holística al tema de la vulnerabilidad. En la mayoría de los casos la propia selección de variables es inadecuada por ignorar parámetros influyentes o magnificar en exceso la importancia de algunos elementos. (DWYER, ZOPPOU, et al., 2004).

Uno de los estudios de mayor repercusión en el análisis de vulnerabilidad social frente a desastres naturales es el realizado por Susan Cutter en el que propone un índice para evaluar el grado la vulnerabilidad de la población de Estados Unidos. Cutter (CUTTER, BORUFF, et al., 2003) realiza un estudio con 42 variables sociales en US para extraer un índice de vulnerabilidad y concluye diferencias regionales significativas. Los indicadores seleccionados hacen referencia a los siguientes aspectos:

- Status socioeconómico
- Género
- Raza y etnicidad
- Edad
- Desarrollo comercial e industrial
- Pérdida de empleo
- Relación Rural/Urbano
- Propiedad del suelo
- Infraestructuras y elementos esenciales
- Población en alquiler
- Dependencia social
- Población con necesidades especiales
- Ocupación
- Estructura familiar
- Educación
- Crecimiento población
- Servicios médicos

Dwyer en su estudio(DWYER, ZOPPOU, et al. , 2004) propone cuatro niveles en el análisis de la vulnerabilidad social:

- vulnerabilidad individual de las residencias (relacionada con atributos personales).
- vulnerabilidad de la comunidad (relacionada con la forma de interacción de las personas con la comunidad).
- vulnerabilidad regional/geográfica (relacionada con el acceso a los servicios).
- Vulnerabilidad administrativa/institucional (en relación a la financiación de los desastres y las medidas públicas de mitigación).

Para cada uno de ellos propone una amplia serie de indicadores recogidos en la figura 2.29.



Figura 2.29. Representación de los distintos factores que condicionan la vulnerabilidad social
Fuente : (DWYER, ZOPPOU, et al. , 2004)

Schneiderbauer (SCHNEIDERBAUER & EHRLICH, 2006) propone una lista de indicadores para la evaluación de la vulnerabilidad social, distinguiendo dos tipos de vulnerabilidad: vulnerabilidad independiente y vulnerabilidad dependiente del peligro.

Parameters hazard-independent						
Social Levels			Parameters	Indicators		
1. Individual and household			Age	Average age		
			Income	GDP per capita		
			Health/disability	Malnutrition of children < 5		
			..			
2. Administrative community			Infrastructure/accessibility	Traffic infrastructure/road network		
			Disaster Preparedness			
			Presence Civil Protection			
			...			
3. Country			Regulatory environment	Type of government		
			Armed conflicts	Number and intensity of conflicts		
			..			
4. Region			Climate	Climate records		
			Regional political stability	Number and intensity of regional conflicts		
5. Cultural Community			Status of community	Political discrimination of ethnic groups		
			Gender inequality			
			..			
Parameters hazard-independent						
1. Individual and household			Quality and age of building	Main building material		
			size/height of building	Number of floors		
			Hygiene	Access to drinking water		
				
2. Administrative community			Preparedness for floods	Dams		
			Preparedness for earthquakes	Law considering earthquake resistance		
			..			
3. Country			Environmental degradation	Deforestation rate		
			Vaccination	Number of people vaccinated		
4. Region			Land use	Land cover		
			Relief	Slope		
			..			
5. Cultural Community			Preparedness for droughts	Adaptation of land use methods according to climate conditions		

Figura 2.30. Indicadores de vulnerabilidad social. Niveles Sociales. Parámetros. Indicadores.

Fuente: (SCHNEIDERBAUER & EHRLICH, 2006)

La lista (Figura 2.30) agrupa los indicadores por distintos niveles sociales y distingue el parámetro sobre el que se vincula cada indicador. En principio la propuesta no es exhaustiva y se realiza para ser aplicado en países en vías de desarrollo.

Earn (HEARN MORROW, 1999) apunta que el análisis de la vulnerabilidad debe basarse en un riguroso inventario de factores socioeconómicos de la comunidad, entre los que propone los recogidos en la Tabla 2.21:

- residents of group living facilities;
- elderly, particularly frail elderly;
- physically or mentally disabled;
- renters;
- poor households;
- women-headed households;
- ethnic minorities (by language);
- recent residents/immigrants/migrants;
- large households;
- large concentrations of children/youth;
- the homeless; and
- tourists and transients.

Tabla 2.21. Variables a incorporar a un inventario de vulnerabilidad social

Fuente : (HEARN MORROW, 1999)

Bollin y Hidajat (BOLLIN & HIDAJAT, 2006) proponen un índice de riesgo a nivel de comunidad (Community-Based Risk Index), en el cual la vulnerabilidad juega un papel prioritario. El índice desagrega los componentes del riesgo en cuatro elementos: el peligro, la exposición, la vulnerabilidad y la capacidad de hacer frente, cada uno de los cuales lo descompone a su vez en un conjunto de indicadores:

$$R = (wHH + wEE + wVV) - wCC$$

with
 R = overall risk index
 w = uniform weighting factor of (here) 0.33
 H = score of hazard index
 E = score of exposure index
 V = score of vulnerability index
 C = score of capacity and measures index

Tabla 2.22. Variables a incorporar a un inventario de vulnerabilidad

Fuente: (BOLLIN & HIDAJAT, 2006)

Índice Desarrollo Humano

El IDH fue creado por el PNUD en 1990. Su objetivo es medir los progresos de un país desde la perspectiva del desarrollo humano. Es un indicador compuesto que evalúa tres dimensiones básicas del desarrollo humano:

- Vida larga y saludable, medida según la esperanza de vida al nacer;
- La educación, medida por la tasa de alfabetización de adultos y la tasa bruta combinada de matriculación en educación primaria, secundaria y terciaria; y
- nivel de vida digno, medido por el PIB per cápita (PPA en USD).

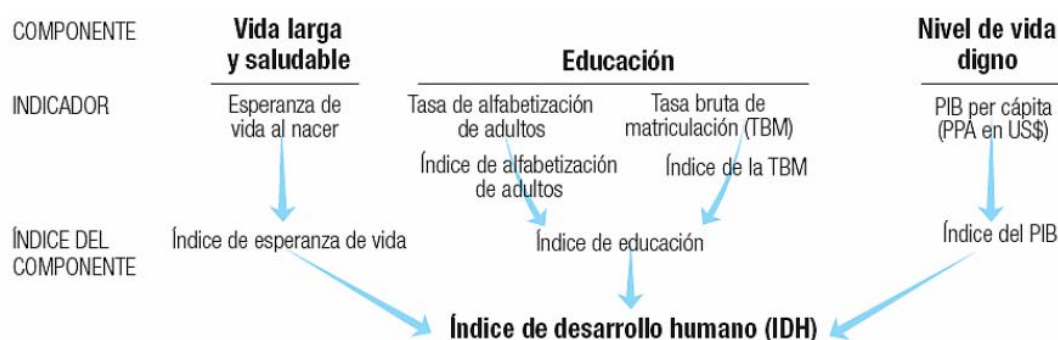


Figura 2.31. Índice de Desarrollo Humano.
Fuente: <http://hdr.undp.org/es/> [consulta 10.10.2009]

El índice se construye con indicadores que en la actualidad están disponibles en todo el mundo y usando una metodología a la vez simple y transparente. Naciones Unidas también genera otros indicadores paralelos que hacen referencia a la pobreza humana que tienen en cuenta algunos de los indicadores del IDH para su obtención como el Índice de Pobreza Humana o el Índice del Desarrollo Humano relativo al género.

Es cierto que el concepto de desarrollo humano es bastante más amplio de lo que es capaz de medir cualquier índice compuesto individual, el IDH es una alternativa seria al uso del ingreso como medida sinóptica del bienestar humano.

La relación entre el IDH y la vulnerabilidad social a los desastres naturales es muy estrecha. En especial los aspectos relativos a la educación y al nivel de vida son coincidentes a la capacidad de hacer frente a los desastres, por ello es habitual que en los índices de vulnerabilidad se incorpore el IDH.

Cruz Roja Española ha realizado un profundo trabajo de análisis de vulnerabilidad social en España (<http://www.sobrevulnerables.es/> [visitado 15.09.2008]). El trabajo no se orienta a la vulnerabilidad a los desastres naturales sino de forma genérica a evaluar factores de vulnerabilidad, sin embargo alguno de los indicadores podría servir para ambos propósitos (Tabla 2.23).

Indicadores primarios	Indicadores secundarios
<ol style="list-style-type: none"> 1. Porcentaje de bajos ingresos después de transferencias (umbral= 60% de la mediana). 2. Distribución de la renta (ratio entre quintiles de renta). 3. Persistencia de los bajos ingresos. 4. Intensidad de la pobreza (poverty gap = distancia de los ingresos de los pobres respecto al umbral). 5. Cohesión regional. 6. Tasa de desempleo de larga duración. 7. Población en hogares sin empleo. 8. Abandono escolar. 9. Esperanza de vida al nacer. 10. Estado de salud. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Distribución en torno al umbral del 60% de la mediana. 2. Porcentaje de ingresos bajos en un corte temporal. 3. Porcentaje de bajos ingresos antes de transferencias. 4. Distribución de la renta (índice de Gini). 5. Persistencia de los bajos ingresos. 6. Porcentaje de desempleados de larga duración. 7. Tasa de desempleo de muy larga duración. 8. Número de personas con bajo nivel educativo.

Tabla 2.23. Indicadores de Exclusión Social
Fuente : (<http://www.sobrevulnerables.es/> [visitado 15.09.2008]).

2.6.2. Vulnerabilidad de las Infraestructuras

La vulnerabilidad de las infraestructuras a los peligros naturales ha sido en general poco estudiada. En particular, dos son los temas que han concentrado la atención:

- La vulnerabilidad de los edificios, por su importancia económica y especialmente frente a la amenaza sísmica.

- La vulnerabilidad de los elementos esenciales o infraestructura crítica.

Los manuales de riesgos señalan que es aconsejable que las políticas de prevención de riesgos, puesto que es difícil que abarquen de forma global todo el territorio, en una primera etapa se centren en la protección y preservación de los elementos más importantes del sistema territorial que estén expuestos a peligros territoriales y que además sean vulnerables. Estamos haciendo referencia a lo que conocemos como *elementos* esenciales del territorio (*lifelines*). Se trata de sistemas físicos y lógicos esenciales para operaciones mínimas de economía y gobierno, que incluyen las infraestructuras de telecomunicaciones, de energía, de transporte, hidráulica, servicios de emergencia, escuelas y hospitales, los bancos.

La agencia de emergencias norteamericana FEMA define los elementos esenciales como infraestructuras y equipamientos necesarios para la actividad de los seres humanos; “*denoting those systems necessary for human life and urban function, without which large urban regions cannot exist. Basically convey food, water, fuel energy, information, and other materials necessary for human existence from the production areas to the consuming urban areas*” (FEMA, 1991).

D’ERCOLE (D’ERCOLE & METZGER, 2002, pp.15) señala que “*La amenaza, por mucho tiempo privilegiada en el análisis del riesgo ya no es finalmente sino uno de sus componentes*” . Apunta que en la investigación del riesgo, no todos los elementos de un sistema, pueden estudiarse de forma exhaustiva a nivel de peligros y vulnerabilidad, sino focalizarse en ciertos elementos esenciales cuya pérdida constituiría un *hándicap* mayor para la comunidad. En este caso los elementos esenciales se sitúan en la clave de la definición del riesgo. Por tanto, uno de los aspectos críticos en la evaluación de riesgo la identificación de elementos esenciales “*enjeu*”, es decir “en juego” (*enjeu majeur*), haciendo referencia a que pueden perderse a causa de una catástrofe.

En el ámbito del análisis geográfico, la identificación y el estudio de los elementos esenciales de un territorio constituyen una de las tareas básicas en la evaluación de riesgos. Dicho análisis es eminentemente geográfico, ya que dichos elementos van ligados a localizaciones.

Un riesgo elevado es indicador de la posibilidad de pérdida de algo a lo que se atribuye importancia. Desde esa perspectiva es decisivo conocer, en primer lugar, a qué se le da prioridad y evaluar después la probabilidad de perderlo. La exposición a amenazas podría ser considerada una forma de vulnerabilidad en base al elemento en peligro.

El enfoque a partir de los elementos esenciales puede ser un buen medio para captar todas las dimensiones de la vulnerabilidad sin verse limitado por las características y la zonificación (a menudo incierta) de una amenaza. El conocimiento del modelo de distribución de los elementos

esenciales localiza y prioriza las actuaciones de prevención del riesgo independientemente de que se vean expuestos a amenazas naturales o tecnológicas.

El análisis de elementos esenciales es un tema recurrente en estrategia bélica y protección terrorista. La identificación de elementos esenciales es una tarea básica de prevención que no está suficientemente valorada. La dependencia a una infraestructura por parte de la población en muchos casos está infravalorada y su pérdida puede resultar crítica.

Las infraestructuras y equipamientos esenciales se distribuyen en el territorio conforme a los modelos de ordenación territorial establecidos. En territorios poco planificados es frecuente que los elementos esenciales se sitúen en zonas expuestas a peligros por lo que los riesgos son muy elevados.

Existen diversas experiencias en el análisis de la vulnerabilidad de elementos esenciales, algunas de las cuales veremos en capítulos posteriores. La FEMA propone un modelo de evaluación de daños derivados de eventos catastróficos sobre elementos esenciales en EEUU. Desarrolla un conjunto de funciones de vulnerabilidad para cada una de las infraestructuras analizadas en función de la intensidad de un sismo. Con ello realiza un cálculo de daños potenciales y costes económicos en función del tipo de restauración. (FEMA, 1991)

JENELIUS (JENELIUS. E., PETERSEN, et al., 2006) propone un método para la evaluación de la vulnerabilidad de la red de carreteras (infraestructura crítica) cuyos resultados pueden ser utilizados como guía para la gestión de carreteras y priorización de su mantenimiento y reparación. Introduce el concepto de importancia del tramo para hacer referencia a aquellas carreteras que poseen mayor grado de utilización por parte de la población y el de tramo expuesto, para referirse a aquellas carreteras que están expuestas al peligro. El modelo propuesto se basa en el estudio de la importancia de los componentes de la red siguiendo un doble sistema de análisis al que denomina de “igualdad de oportunidades” o de “eficiencia social” que marcará la importancia o no de determinadas carreteras en función de su uso potencial. Asimismo, incorpora un nuevo concepto al contexto de la vulnerabilidad de carreteras: “la fiabilidad”, aludiendo a la seguridad de la red de enfrentarse a una crisis.

Una cuestión a considerar en el análisis de la vulnerabilidad de las infraestructuras es la existencia de infraestructuras redundantes como estrategia de reducción de riesgos. Es de vital importancia garantizar el suministro de servicios a la población y la duplicación de infraestructuras y equipamientos constituye un factor decisivo para reducir la vulnerabilidad de las instalaciones.

Ezell (EZELL, 2007) señala que la evaluación de la vulnerabilidad a elementos esenciales es un tema que no ha sido tratado de forma adecuada por la literatura científica y propone una metodología para la evaluación de la vulnerabilidad de las infraestructura del agua (redes de

distribución, redes de alcantarillado, etc.). Para ello identifica cuales son los elementos críticos de la vulnerabilidad y chequea su importancia construyendo un modelo de vulnerabilidad. Para ello configura un panel de expertos (*Subject Matter Expert*) que propone una ponderación a dichos valores. A partir de dicha valoración tomada como patrón se chequea la vulnerabilidad del ámbito de estudio comparando con la vulnerabilidad patrón. De esa forma se obtienen valores de vulnerabilidad. Cada uno de los valores se ajusta a una función estadística de distribución. Después se desarrolla una simulación y un análisis de sensibilidad utilizando los modelos de Monte Carlo y Latin Hypercube. El resultado es la jerarquización de la vulnerabilidad de los elementos esenciales.

Queste (QUESTE & LAUWE, 2006) determina que la resistencia, resiliencia y susceptibilidad de los componentes constructivos de las infraestructuras críticas determinan su grado de vulnerabilidad.

El valor, calidad y densidad de los edificios comerciales e industriales proporciona un indicador de la salud económica de una comunidad y de la capacidad de recuperarse tras un evento. (CUTTER, BORUFF, et al. , 2003).

2.6.3. Vulnerabilidad Económica

A lo largo del texto precedente se ha evidenciado la estrecha relación entre la precariedad económica y pobreza de las poblaciones y su vulnerabilidad frente a catástrofes naturales. Por tanto, en el sentido opuesto, riqueza es sinónimo de resiliencia frente a catástrofes.

El nivel económico guarda una estrecha relación con la vulnerabilidad a los desastres. Un nivel económico elevado, en general, será sinónimo de menores vulnerabilidades. En esta línea Kuznets , propone una figura para representar estas relaciones.

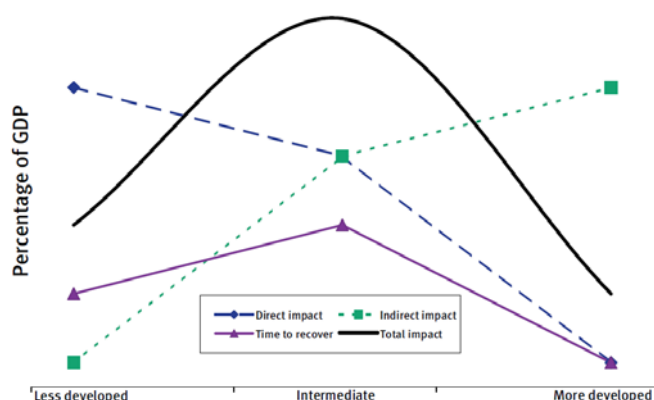


Figura 2.32. Curva Kuznets' de U invertida relacionando el desarrollo económico y la vulnerabilidad a los desastres
Fuente: ODI Briefing Paper, Noviembre 2005. <http://www.odi.org.uk/resources/download/1946.pdf>

El modelo económico, social y político que se desarrolla en cada territorio en ocasiones es responsable de fenómenos de acumulación espacio-temporales de vulnerabilidad. Los modelos económicos basados en la especulación, el crecimiento urbano desmesurado, el abandono del campo, crecimiento de ciudades secundarias y sectores productivos informales, el desarrollo de nuevos patrones de migración y distribución de población pueden dar lugar a regiones de máxima vulnerabilidad frente al desastre. A este respecto, Maskrey refiriéndose al modelo desarrollado en América Latina apunta (MASKREY, 1997) *“La compresión del tiempo afecta la toma de decisiones a nivel de la población y conduce a una aceleración de vulnerabilidades.”*

Barranco señala que hay dos factores fundamentales que condicionan el grado de protección ante fenómenos naturales: los recursos económicos de un país y el registro histórico de eventos catastróficos (BARRANCO SANZ 2006). A mayor capacidad económica mayor capacidad de adopción de medidas de protección y mayores recursos para responder a las demandas de seguridad.

La riqueza económica basada en el desarrollo económico sostenible es la que presenta menor vulnerabilidad frente a los desastres naturales. Esa riqueza sostenible se basa en el mantenimiento de la cohesión social y la conservación de los recursos y del medio ambiente. El crecimiento económico no debe basarse en el incremento energético, el uso de materiales y generación de emisiones y residuos. En este caso, el Producto Interior Bruto puede convertirse en una medida obsoleta de resiliencia frente a los desastres, ya que lo que cuenta no es el incremento de capital sino la calidad de los servicios existentes.

La vulnerabilidad financiera del sector público para hacer frente al impacto de los desastres es un tema que ha recibido especial atención en la bibliografía. Se trata de un tipo de vulnerabilidad económica que depende de tres parámetros: los peligros a los que está sometido un país (su frecuencia y su intensidad), el capital público y privado expuesto y la sensibilidad de los activos públicos y privados al peligro. Una componente importante de la vulnerabilidad financiera del sector público es la resiliencia financiera o la capacidad de hacer frente a las pérdidas. Ésta puede ser medida mediante el cálculo de los recursos financieros disponibles para hacer frente a imprevistos. Si existen suficientes reservas o se dispone de una cobertura aseguradora financiera se posee resiliencia financiera. En este marco aparece el concepto de *“financial gap”* como la diferencia del coste de las inversiones necesarias y los recursos reales disponibles. En los países en desarrollo en caso de desastres ese *“financial gap”* es cubierto por ayuda internacional de forma tradicional.

Mechler y Hochrainer proponen el modelo económico CATSIM para el análisis de la vulnerabilidad financiera de un país (MECHLER, HOCHRAINER, et al. , 2006). El CATSIM consta de cinco fases:

- **Fase 1.** Evaluación del Riesgo de Desastre Directo. Evaluación de pérdidas potenciales en los activos financieros a causa del peligro, la exposición y la vulnerabilidad.
- **Fase 2.** Resiliencia financiera. Capacidad financiera de la administración pública para hacer frente a las consecuencias de un desastre potencial.
- **Fase 3.** Vulnerabilidad financiera (*Potencial financing gap*) Capacidad financiera del sector público para financiar la reconstrucción de las pérdidas directas y dar apoyo al sector privado.
- **Fase 4.** Riesgo Macroeconómico. Evaluación de los impactos potenciales macroeconómicos provocados por la catástrofe en función de la vulnerabilidad financiera.
- **Fase 5.** Gestión del Riesgo. A partir de los resultados de la Fase 4, puesta en marcha de estrategias de gestión del riesgo para minimizar el riesgo financiero.

Una de las actuaciones que está suponiendo una reducción del impacto de los desastres en ciertas poblaciones son los microcréditos. Naciones Unidas en un informe sobre el impacto de los microcréditos en las catástrofes (EIRD-ONU, 2005) señala *“Las microfinanzas contribuyen a desarrollar una mayor capacidad para enfrentar las catástrofes y redujeron la vulnerabilidad comunitaria en general. Además, a través de los préstamos posteriores a un desastres, las microfinanzas pueden contribuir a que las familias pobres se recuperen con mayor rapidez”*. Naciones Unidas habla del Fondo de Ayuda para Fuentes de Sustento.

El problema es que las microfinanzas no pueden llegar a proporcionar una protección para pérdidas mayores a las capacidades de recuperación de una familia. Además, no debería tratarse de una medida única sino de apoyo junto a otros tipos de asistencia (acceso a servicios, ayudas compensatorias, mercadotecnia postdesastre, etc.). Se trata de una medida en respuesta a las necesidades de los pobres y las instituciones financieras tienen recelo en proporcionar estas ayudas. Por ello, los más pobres continúan marginados.

La vulnerabilidad a los desastres naturales está directamente relacionada con la capacidad económica de los territorios afectados en sus distintas escalas geográficas: local, provincial, regional, nacional. Riqueza económica es sinónimo de resiliencia a los desastres, potencialidad de recuperación, capacidad de reducción de la vulnerabilidad (en la población, en las infraestructuras, en el medio ambiente). Recíprocamente, pobreza económica equivale a menor capacidad de absorber el efecto de los desastres, mayor vulnerabilidad y mayor dependencia externa.

Para el análisis de la vulnerabilidad económica frente a los desastres naturales es común utilizar alguno de los indicadores económicos habituales que se emplean para valorar la situación

económica de un estado o una región, entre los que se citan: actividad económica, desempleo, población activa, índice de precios al consumo, comercio exterior, balanza de pagos, deuda externa, producto interior bruto, dependencia de la exportación

La División de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas (<http://www.un.org/esa/sustdev/natlinfo/indicators/indisd/spanish/economic.htm> [visitado 12.10.2008]) ha propuesto un conjunto de indicadores para la evaluación del desarrollo sostenible, que pueden dividirse en cuatro grupos:

- Cooperación internacional para acelerar el desarrollo sostenible de los países en desarrollo y políticas internas conexas
 - o Producto interno bruto por habitante
 - o Porcentaje de la inversión neta en el producto interno bruto
 - o Suma de las exportaciones y las importaciones como porcentaje del producto interno bruto
 - o Producto interno neto ajustado conforme a consideraciones ambientales
 - o Porcentaje de productos manufacturados en las exportaciones totales de mercancías
- Evolución de las modalidades de consumo
 - o Consumo anual de energía
 - o Aportación de las industrias con utilización intensiva de recursos naturales al valor añadido del sector manufacturero
 - o Reservas comprobadas de minerales
 - o Reservas comprobadas de combustibles fósiles
 - o Duración de las reservas comprobadas de energía
 - o Intensidad de utilización de materiales
 - o Proporción del valor añadido del sector manufacturero en el producto interno bruto
 - o Proporción del consumo de recursos energéticos renovables
- Recursos y mecanismos de financiación
 - o Relación entre la transferencia neta de recursos y el producto nacional bruto
 - o Total de la asistencia oficial para el desarrollo concedida o recibida, como porcentaje del producto nacional bruto
 - o Relación entre deuda y producto nacional bruto
 - o Relación entre el servicio de la deuda y las exportaciones
 - o Gasto en protección del medio ambiente como porcentaje del producto interno bruto
 - o Cuantía de la financiación nueva o adicional para el desarrollo sostenible
- Transferencia de tecnología ecológicamente racional, cooperación y aumento de la capacidad
 - o Importaciones de bienes de capital
 - o Inversión extranjera directa
 - o Porcentaje de importaciones de bienes de capital ecológicamente racionales
 - o Donaciones de cooperación técnica

El Fondo Monetario Internacional (<http://www.imf.org/external/np/exr/facts/spa/vuls.htm>) (FMI) propone un conjunto de indicadores de vulnerabilidad económica a las crisis financieras. Dichos indicadores proporcionan información al FMI para justificar actividades de supervisión, préstamo y alerta anticipada. Las crisis monetarias generadas por las economías de mercado, marcadas por financiamiento externo y otras entradas de capital son vulnerables a cambios de actitud de inversionistas. Los indicadores de vulnerabilidad económica incluyen al sector público, sector financiero, hogares y empresas. Los problemas de un sector suelen pasar a otros. El FMI propone los siguientes indicadores:

- Indicadores sobre la deuda externa e interna (perfiles de vencimiento, calendarios de reembolso, sensibilidad a las tasas de interés, composición de la deuda, relación deuda externa/exportaciones/PIB, deuda/ingreso tributario)
- Indicadores sobre la suficiencia de las reservas (Relación reservas y deuda a corto plazo)
- Indicadores de solidez y financiera (capitalización de instituciones financieras, calidad de los activos, posiciones fuera balance, rentabilidad y liquidez, ritmo y calidad del crédito, fluctuaciones de las tasas de interés y tipos de cambio).
- Indicadores sector empresarial. (crédito de las empresas, tasas de interés).

En la caracterización económica, social y ambiental de zonas insulares o pequeños estados es común el uso de indicadores de vulnerabilidad.

LIOU and DING (2004) proponen un modelo de vulnerabilidad económica en base a la definición de tres factores independientes: escala económica, grado de volatilidad y grado de desarrollo. En base a dichos criterios realizan una clasificación económica a nivel mundial de los estados. El resultado revela que los países con menor población son normalmente los más vulnerables desde el punto de vista económico (Figura 2.33).

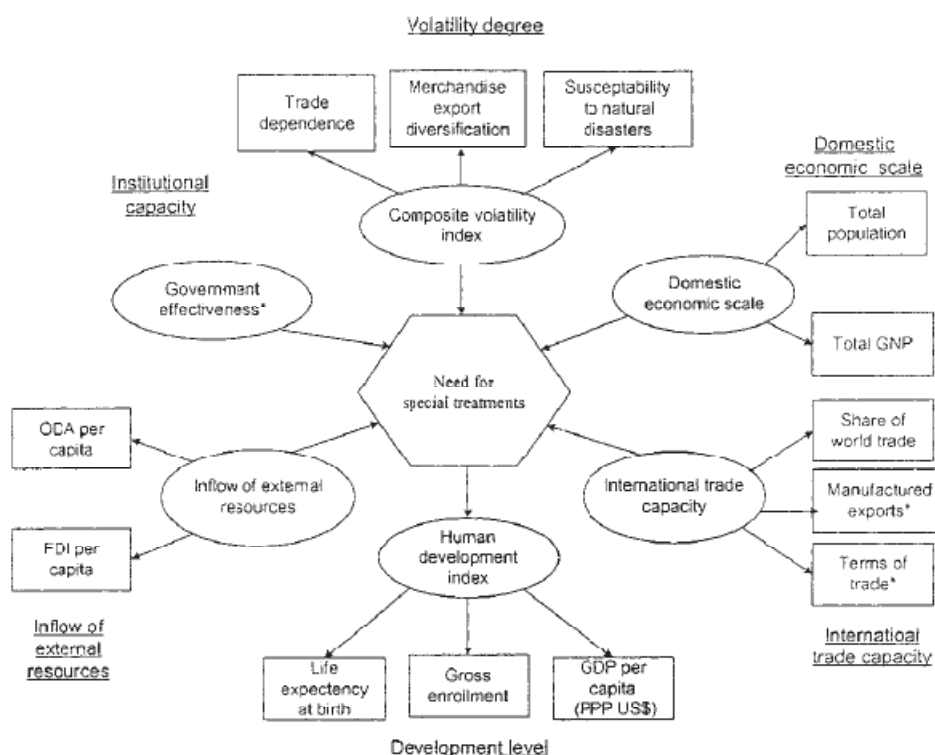


Figura 2.33. Elementos clave de la vulnerabilidad económica (LIOU and DING 2004)

La Asamblea General de Naciones Unidas en el marco del Comité Económico y Social propuso el desarrollo de un índice de vulnerabilidad para estados insulares de tamaño pequeño (Development of a vulnerability index for small island developing States A/53/65-E/198/5). (<http://www.un.org/documents/ga/docs/53/plenary/a53-65.htm> [consultado 15.10.2008]).

El objetivo fue demostrar la vulnerabilidad de los pequeños estados frente a los grandes, especialmente debido a la dependencia a las importaciones. Se demostró la vulnerabilidad a los efectos externos y especialmente a la volatilidad de las exportaciones. De igual manera, quedó patente que la vulnerabilidad frente a desastres naturales era una de las principales componentes de la vulnerabilidad insular. El índice compuesto de vulnerabilidad de estados insulares incorpora cuatro elementos importantes: la diversificación de la exportación, la apertura de capital, la vulnerabilidad a los desastres naturales y el producto interior bruto per cápita. (BRIGUGLIO, 1997)(<http://www.islandvulnerability.org/> [consultado 15.10.2008]) (http://www.unep.org/OurPlanet/imgversn/103/17_mea.htm [consultado 15.10.2008])

Adrianto (ADRIANTO & MATSUDA, 2004) propone la generación de un índice compuesto de vulnerabilidad para zonas insulares formado por tres componentes: exposición económica, aislamiento económico (*Economic Remoteness*) e impacto económico de desastres ambientales y naturales. La exposición económica se analiza a partir de dos variables: *el ratio of external trading* (ET) (Refleja el grado de apertura), y el ratio de finanzas externas (EF) que refleja el grado de dependencia. La segunda variable de aislamiento económico se fundamenta en la consideración de costes económicos del transporte (*Total transportation costs* TTC). La tercera componente, impacto económico de los desastres se analiza teniendo en cuenta la influencia que los desastres naturales pueden tener en el Producto Interior Bruto de la isla. Para ello se analizan variables ambientales exógenas en lugar de variables endógenas como degradación de los desastres y/o calidad ambiental.

En primer lugar se analizan los efectos provocados por un incremento del nivel del mar (*Sea Level Rise* SLR) así como los provocados por fenómenos naturales adversos (tifones, tormentas, etc.).

$$RV (SLR)_{it} = (t/T) \times Git \times (1+gi)^t$$

$$RV = Real Value$$

$$t = \text{año } (1, 2, 3 \dots T),$$

$$i = \text{isla } (\text{Debe tomarse un año de base, y determinado incremento de SLR. Pe. } 0,3 \text{ m})$$

$$Git = \text{PIB estimado en el año } t, \text{ impacto por SLR en la isla } i.$$

$$Gi = \text{ratio de crecimiento de la isla } i.$$

A partir de dicha fórmula puede establecerse el valor de impacto provocado por un aumento del nivel del mar:

$$PV (SLR)_{it} = RV_{it} \times (1+r)^{-t}$$

$$PV_{it}, \text{ es el valor presente del impacto del SLR en el año } t, \text{ en la isla } i$$

RV = Valor real del SLR en el año t, en la isla i
t = año (1,2,...,n); t=1 para el año 1900.

El cálculo del impacto de los desastres se evalúa mediante la siguiente fórmula:

$$NDti = \sum_{t=1..n} Snti$$

NDti es el impacto total de los desastres naturales en la isla i, en el año t y Snti es el impacto del desastre natural en el sector n (agricultura, infraestructuras, turismo, etc), de la isla i, en el año t.

La integración de ambos indicadores se resumiría en el índice del impacto ambiental del incremento del nivel del mar y el derivado de desastres naturales (END)

$$ENDit = (PV(SLR)it + NDit) / GIPit \times 100$$

PV(SLR)it = valor actual del impacto del SLR en la isla I, para el año t
NDIit impacto de los desastres naturales en la isla i, en el año t
GIP, es el producto interior bruto de la isla i en el año t.

Finalmente se integran las tres componentes mediante una ponderación en función de su importancia para cada isla p.e.:

$$CEVI i = (EEi \times 0,5) + (ERi \times 0,4) + (ENDi \times 0,1)$$

CEVI, índice compuesto de vulnerabilidad para la isla i

EEi : índice de exposición económica

ER = índice de aislamiento

ENDi : índice de impacto económico del aumento del nivel del mar y el efecto de desastres naturales en la isla i.

2.6.4. Vulnerabilidad Ambiental

La dimensión ambiental o ecológica de la vulnerabilidad incorpora la capacidad de los ecosistemas de hacer frente y recuperarse a la acción de los desastres naturales. Esta capacidad puede ser intrínseca si se relaciona con factores internos del sistema (salud del ecosistema, biodiversidad, tipología especies), o extrínseca al sistema (relacionada con la exposición al peligro). (VILLA & McLEOD, 2002).

Williams y Kapuska definen la vulnerabilidad de los ecosistemas como “.. the potencial o fan ecosystem to modulate its response to stressors over time and space, where that potencial is determined by characteristics o fan ecosystem that incluye many levels of organisation, such as soil, a bioregion, a tissue, a species, an organims, a stream reach. It is an estima of the

inability of an ecosystem to tolerate stressors over time and space”. (WILLIAMS & KAPUTSKA, 2000). Los desastres naturales habría que entenderlos como “*stressores*” de los ecosistemas.

Recientemente se ha iniciado el desarrollo de un nuevo concepto en el marco de las relaciones hombre-medio. Se trata de los sistemas socioecológicos (SES) donde el sistema humano y el biofísico están fuertemente unidos dando lugar a una nueva entidad. (ALESA, KLISKEY, et al. , 2008). Comúnmente este concepto se aplicaba en el estudio de comunidades indígenas y culturas muy dependientes de los propios recursos, pero el uso del término se está generalizando en otros ámbitos. En el marco del análisis de vulnerabilidad frente a desastres naturales, está demostrado que la capacidad de los SES a adaptarse a nuevas condiciones les hace más resilientes y más capaces de hacer frente a situaciones de estrés y más hábiles en la recuperación.

Un interesante proyecto en el análisis de la vulnerabilidad ambiental es el desarrollado por la EPA (Agencia Protección Ambiental) de Estados Unidos consistente en desarrollar lo que denominan Regional Vulnerability Assessment (ReVA). Básicamente consiste en el estudio para la identificación de los sistemas más vulnerables a desaparecer en los próximos 5 a 50 años, y del tipo de factores de estrés que padecen. El objetivo es poner en marcha un sistema de alerta temprana para la identificación de cambios indeseables de los ecosistemas (SMITH, 2000). El modelo incluye a los desastres naturales potenciales como un agente responsable más de las pérdidas potenciales.

Wilson et al. analizan el concepto de vulnerabilidad en el ámbito de la planificación y la conservación de espacios naturales. Identifican tres dimensiones de la vulnerabilidad: exposición, intensidad e impacto (Figura 2.34) (WILSON, PRESSEY, et al., 2005).

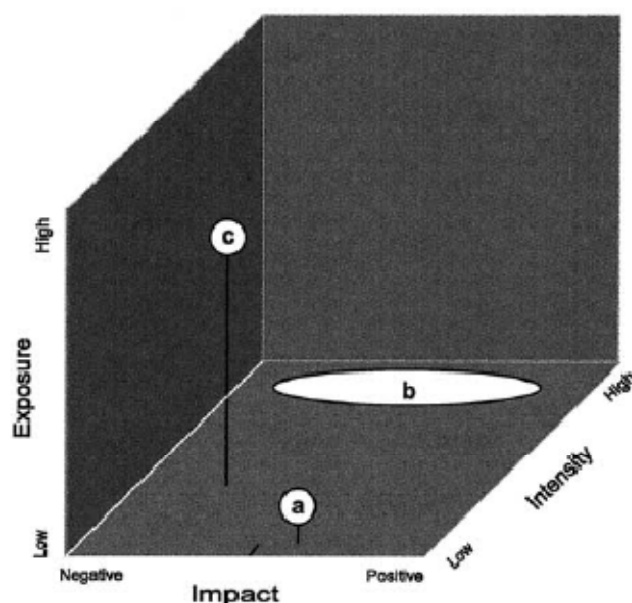


Figura 2.34. Tres dimensiones de la vulnerabilidad. El centro del eje x, indica un situación sin impactos. El impacto varía a lo largo del plano de la intensidad (WILSON, PRESSEY, et al. , 2005)

La dimensión de impacto supone una nueva visión al concepto de vulnerabilidad ambiental. El impacto posee un signo que indica que no todos los efectos de las acciones sobre el medioambiente son negativos, así como una intensidad que indica la magnitud de la actuación. El modelo puede adaptarse de forma adecuada a representar la vulnerabilidad ambiental a los desastres naturales, ya que no todos tienen un efecto negativo sino que algunos pueden servir para la regeneración de los ecosistemas o la recuperación del medio natural.

Villa profundiza en el análisis de las componentes de la vulnerabilidad ambiental y plantea su subdivisión en dos tipo de vulnerabilidades: intrínseca y extrínseca (Figura 2.35).

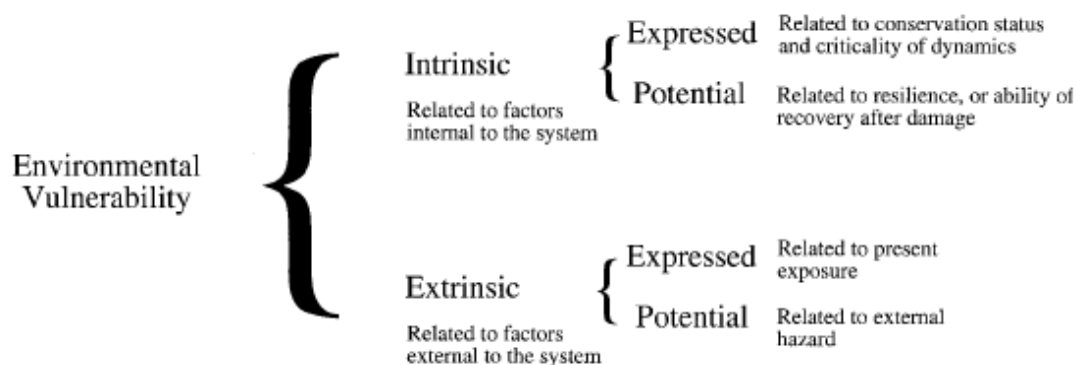


Figura 2.35. Tipologías de vulnerabilidad ambiental (VILLA & McLEOD, 2002)

Vulnerabilidad intrínseca es el resultado de procesos dinámicos del sistema. Se relaciona con la salud y la integridad del ecosistema. Un ejemplo sería la resiliencia genética de las poblaciones, biodiversidad, etc. La vulnerabilidad extrínseca expresa la relación del sistema ambiental con el exterior y mantiene dos componentes fundamentales, la exposición y el peligro. Sería el resultado de la respuesta del sistema a una potencial perturbación.

2.6.4.1. Indicadores vulnerabilidad ambiental

Tal y como comentamos en anteriores apartados, la vulnerabilidad a los peligros naturales no ha sido un tema de especial dedicación por parte de la comunidad científica internacional. En especial la vulnerabilidad ambiental a los desastres naturales todavía ha merecido menor atención. El valor intangible de muchos de los recursos naturales hace compleja la evaluación de riesgos, y vulnerabilidades.

Existe una estrecha relación entre la gestión de recursos naturales y el efecto de los desastres. Una gestión medioambiental inadecuada puede tener un efecto directo en la amplificación de los impactos de los desastres naturales. Por ejemplo, la deforestación puede conducir al incremento de escorrentía y contribuir a intensificar los daños por inundación, o la ocupación de zonas húmedas puede acabar con el efecto barrera frente a posibles inundaciones, etc. Asimismo, las actuaciones de mitigación de la vulnerabilidad basadas en la mejora medioambiental pueden ser más eficientes que actuaciones de ingeniería de gran coste económico, (por ejemplo planificación de los usos del suelo, reforestación de laderas, recuperación de humedales, etc.).

El medioambiente es un factor importante en la calidad de vida de la personas. La contaminación atmosférica, de aguas, de suelos, el incremento de zona urbanizadas, la pérdida de biodiversidad, la destrucción de los paisajes naturales, el abandono de las zonas rurales, el incremento de consumo energético son factores que incrementan la vulnerabilidad social de las poblaciones a los desastres naturales.

Una de las propuestas más ambiciosas en el análisis de la vulnerabilidad ambiental lo constituye el trabajo desarrollado por la United Nations Environment Programme (UNEP). South Pacific Applied Geoscience Commission (SOPAC) que ha propuesto el índice de vulnerabilidad ambiental (*Environmental Vulnerability Index* -EVI). (KALY, PRATT, et al. , 2004) (<http://www.vulnerabilityindex.net/> [12.08.2008])

El medioambiente es la fuente de recursos y el soporte de las actividades de los sistemas humanos. Una planificación territorial eficiente se basa en el respeto a las leyes naturales y en la adaptación de las actividades humanas a las aptitudes del territorio. El EVI es una herramienta orientada a la gestión territorial a una escala estatal y se desarrolla para racionalizar la toma de

decisiones en materia ambiental a escala internacional, aunque también sirve de sistema de evaluación de políticas públicas de ámbito provincial y regional.

El EVI utiliza 50 indicadores para realizar una estima de la vulnerabilidad medioambiental de los países. El índice se presenta junto a una serie de subíndices y proporciona un perfil de cada uno de los indicadores evaluados. EVI puede ser utilizado para identificar problemas específicos y refleja el status de un país en términos de vulnerabilidad ambiental. El EVI caracteriza los riesgos y la resiliencia de los sistemas naturales de los países. De los cincuenta indicadores utilizados, 32 son indicadores de peligros, 8 de resistencia y 10 de medida de daño. Los indicadores de peligros están relacionados con la frecuencia e intensidad de eventos. Los de resiliencia hacen referencia a la capacidad inherente a hacer frente a los peligros naturales y antropogénicos. Los indicadores de daño se relacionan con la vulnerabilidad que ha adquirido el ambiente a causa de la pérdida de integridad ecológica o el incremento de niveles de degradación de los ecosistemas. Se asume que cuanto más degradado se encuentra un ecosistema más vulnerable será frente a eventos catastróficos. Los indicadores a su vez se agrupan en función de diversas temáticas: clima y meteorología (6), geología (4), geografía (6), ecosistemas recursos y servicios (28), población (6). Los indicadores recogen valores medios de un total de 5 años pasados, aunque algunos pueden recoger periodos más largos.

Los 10 indicadores que hacen referencia directa a la exposición a peligros naturales son los siguientes: vientos intensos, periodos de sequía, periodos de lluvias, periodos de temperaturas extremas elevadas, periodos temperaturas extremas bajas, exposición a volcanes, exposición a huracanes, exposición a tsunamis, exposición a deslizamientos, población, exposición costera.

La distribución del EVI a nivel mundial en relación a la frecuencia e impacto de las catástrofes naturales delata una gran independencia de ambos. No parece existir una correspondencia directa de ambos índices (Figuras 2.36, 2.37).

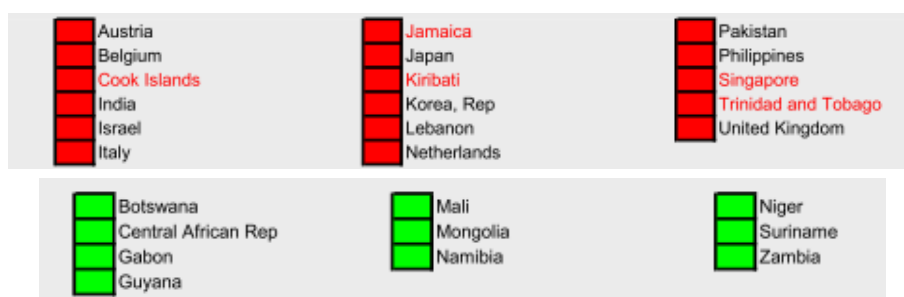


Figura 2.36. Environmental Vulnerability Index (rojo : países vulnerables, verde : países resilientes)
Fuente : (KALY, PRATT, et al. , 2004)

Indicator number and short name is shown with general types, aspects of vulnerability and sub-index to which each indicator is included. **General Types:** W&C=Weather & Climate; G=Geological; Gph=Geographical; R&S=Resources & ecosystem services; H=Human populations. **Aspects of vulnerability:** Hazards, Resistance and Damage. **Sub-indices:** CC=Climate Change; D=Exposure to natural disasters; HH=Human health aspects; AF=Agriculture & Fisheries; W=water; CCD=Desertification; CBD=Biodiversity.

INDICATORS	TYPES	ASPECTS	SUB-INDICES									
1 Wind	W&C	Hazards	CC	D							CCD	
2 Dry	W&C	Hazards	CC	D							CCD	
3 Wet	W&C	Hazards	CC	D	AF	W					CCD	
4 Hot	W&C	Hazards	CC	D							CCD	
5 Cold	W&C	Hazards		D							CCD	
6 SST	W&C	Hazards	CC		AF							CBD
7 Volcano	G	Hazards		D								
8 Earthquake	G	Hazards		D								
9 Tsunami	G	Hazards		D								
10 Slides	G	Hazards		D								
11 Land	Gph	Resistance	CC									CBD
12 Dispersion	Gph	Resistance	CC									CBD
13 Isolation	Gph	Resistance										CBD
14 Relief	Gph	Resistance	CC								CCD	CBD
15 Lowlands	Gph	Resistance	CC								CCD	CBD
16 Borders	Gph	Resistance										CBD
17 Imbalance	R&S	Damage			AF							CBD
18 Openness	R&S	Hazards			AF							CBD
19 Migratory	R&S	Resistance			AF							CBD
20 Endemics	R&S	Resistance										CBD
21 Introductions	R&S	Damage			AF							CBD
22 Endangered	R&S	Damage										CBD
23 Extinctions	R&S	Damage										CBD
24 Vegetation	R&S	Damage	CC		AF	W					CCD	CBD
25 Loss Veg	R&S	Hazards			AF	W					CCD	CBD
26 Fragmentation	R&S	Damage			AF							CBD
27 Degradation	R&S	Damage			AF	W					CCD	
28 Reserves	R&S	Hazards				W						CBD
29 MPAs	R&S	Hazards			AF							CBD
30 Farming	R&S	Hazards			AF							
31 Fertilisers	R&S	Hazards			HH	AF	W					
32 Pesticides	R&S	Hazards			HH	AF	W					
33 Biotech	R&S	Hazards			AF							
34 Productivity overfishing	R&S	Hazards			AF							
35 Fishing Effort	R&S	Hazards			AF							
36 Water	R&S	Hazards	CC		HH	AF	W				CCD	
37 SO2	R&S	Hazards			HH							
38 Waste	R&S	Hazards										
39 Treatment	R&S	Hazards			HH		W					
40 Industry	R&S	Hazards										
41 Spills	R&S	Hazards										
42 Mining	R&S	Hazards										
43 Sanitation	R&S	Hazards			HH		W					
44 Vehicles	R&S	Hazards										
45 Density	H	Damage	CC	D			W					
46 Growth	H	Hazards					W					
47 Tourists	H	Hazards										
48 Coastal	H	Damage	CC	D								
49 Agreements	H	Hazards										
50 Conflicts	H	Damage										

Figura 2.37. Índice de Vulnerabilidad Ambiental. La referencia DD señala exposición a desastres naturales

Fuente : <http://www.vulnerabilityindex.net/images/Summary-Indicator-List.gif>

Adger (ADGER, BROOKS, et al. , 2004) en un estudio sobre indicadores sobre vulnerabilidad al cambio climático propone una amplia batería de indicadores a nivel nacional sobre aspectos físicos, sociales, económicos y ambientales. La propuesta se basa en la utilización de información procedente de diversos índices ya existentes y mantenidos por organizaciones internacionales y centros de investigación. Adger estructura los indicadores en 9 grupos:

- Bienestar económico (EC): PIB per cápita, Índice GINI, Deuda como porcentaje del PIB.

- Sanidad y nutrición (HN) : Gasto en sanidad per cápita (% PIB), calorías per cápita, porcentaje de adultos infectados SIDA, esperanza de vida.
- Educación (EDU) : Gasto educación (% PIB), analfabetismo (calculado en porcentaje sobre la población mayor de 15 años),
- Infraestructura física (INF): km carreteras / habitantes, porcentaje de población sin acceso a la sanidad, porcentaje de población sin acceso al agua potable.
- Instituciones, gobernanza, conflicto y capital social (GOV): porcentaje de refugiados / población total, control de la corrupción, efectividad de gobierno, estabilidad política, calidad, capacidad jurídica, capacidad contable.
- Factores geográficos y demográficos (GDEM): km línea de costa / área total, población dentro 100 km / línea costa, densidad población.
- Dependencia en la agricultura (AG): porcentaje de ocupados en la agricultura/población total, población rural/población total, exportaciones agrícolas / PIB.
- Recursos naturales y ecosistemas (ECO) : porcentaje de áreas protegidas, porcentaje de áreas boscosas, recursos agua / habitantes, recarga acuíferos per cápita, porcentaje de áreas no pobladas, porcentaje de bosques talados.
- Capacidad técnica (TECH) : Inversión en I+D, porcentaje de científicos y técnicos / población total, porcentaje de ocupados en el sector terciario.

Los índices obtenidos podrían utilizarse como base para el análisis de la vulnerabilidad a los desastres naturales.

KVAERNER (KVAERNER, SWENSEN, et al. , 2006) analiza el concepto de vulnerabilidad ambiental de forma genérica y su posible integración a los estudios de impacto ambiental. A este respecto, identifica áreas medioambientales en las que la evolución de la vulnerabilidad podría ser cuantificada: ambiente natural, el paisaje, patrimonio cultural y ambiental, recursos hidrológicos y geológicos (Tabla 2.24).

Natural environment	<ul style="list-style-type: none"> • A vulnerability classification based on survey and landscape/ ecological classification in different types of units with particular vulnerability properties.
------------------------	---

Landscape	<ul style="list-style-type: none"> • Vulnerability expresses a combination of potential interference on the landscape formation, visual impacts and the possibility of healing the wounds. • Aspects considered are: the overall characteristic features, uniform areas or landscape categories. • Underlined that value and vulnerability represent different aspects.
Cultural heritage and environment	<ul style="list-style-type: none"> • Vulnerability expresses potential for external interference leading to changed values. • A methodological division between assessing values and assessing vulnerability is stressed on paper. In practice value and vulnerability is closely interlocked.
Geo- and water resources	<ul style="list-style-type: none"> • Vulnerability expresses to what extent resources are lost, diminished or became inaccessible.

Tabla 2.24. Componentes de la vulnerabilidad ambiental en la evaluación de impactos ambientales
Fuente : (KVAERNER, SWENSEN, et al. , 2006)

Dichos factores son utilizables también para la evaluación de la vulnerabilidad ambiental frente a catástrofes naturales

Li (LI, WANG, et al. ,2006) propone un método de evaluación de la vulnerabilidad eco-ambiental a partir de tecnologías de la información geográfica basándose en la integración de información combinada de factores territoriales. El modelo no utiliza indicadores propiamente sino que combina información de tipo abiótico, biótico y socioeconómico mediante un modelo estadístico sobre el que obtiene índices de vulnerabilidad (Figura 2.38).

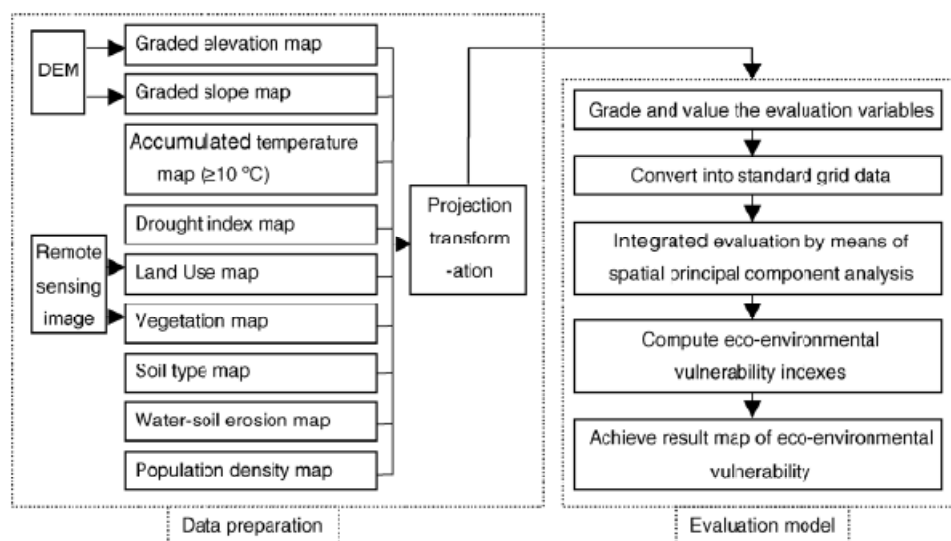


Figura 2.38. Modelo de cálculo de la Vulnerabilidad Eco-Ambiental
Fuente : (LI, WANG, et al. , 2006)

Como hemos visto no existen propiamente indicadores medioambientales de vulnerabilidad ambiental frente a desastres naturales. El concepto de vulnerabilidad ambiental aparece ligado a la capacidad de los ecosistemas de absorber las actuaciones humanas y puede ser paralelamente utilizado para hacer referencia a los desastres naturales.

2.6.4.2. Vulnerabilidad y sostenibilidad

En las últimas décadas el planeta ha experimentado un conjunto de cambios socioeconómicos y ambientales extraordinarios. La transformación se ha realizado en un corto espacio de tiempo y ha sido intensa y muy extensa, afectando a la práctica totalidad del territorio. En particular los fenómenos más significativos que han acontecido han sido el incremento de población, el aumento de zonas urbanizadas e industriales, el abandono de las áreas rurales, la deforestación, y el incremento de la pobreza. Ello ha redundado en un consumo acelerado de energía y en una sobreexplotación de los recursos naturales dando lugar al incremento de contaminación y degradación medioambiental, pérdida de biodiversidad, cambio climático y aumento de la frecuencia y consecuencias de los desastres naturales. El modelo de crecimiento experimentado ha conducido a una merma generalizada de calidad ambiental en beneficio de un desarrollo económico descontrolado e insostenible cuyos beneficios a corto plazo han sido cuestionables y a medio y largo plazo se estiman muy negativos.

La frecuencia e intensidad de los desastres naturales de los últimos años se asocia estructuralmente con esta forma de crecimiento sin control, particularmente los más ligados a factores climáticos o meteorológicos han aumentado significativamente. El cambio climático derivado del calentamiento global como consecuencia de la contaminación atmosférica ha incrementado el número de fenómenos meteorológicos extremos (lluvias, temperaturas, vientos, etc.) lo cual ha redundado en un aumento de eventos catastróficos de tipo climático y meteorológico. La frecuencia e intensidad de los desastres provocados por fenómenos naturales son una clara señal de la insostenibilidad de la actividad humana sobre el planeta. (BURBY, 1998).

La ocupación extensiva de la superficie terrestre por infraestructuras y actividades urbanas e industriales ha supuesto una mayor exposición a los peligros naturales incrementando la vulnerabilidad de los espacios y conduciendo a unas pérdidas más cuantiosas a causa de los desastres.

Relatado en estos términos podríamos decir que se ha construido un escenario apocalíptico del que será difícil salir sino es por medio de un cambio estructural en el enfoque, en el concepto y en la praxis. Nos encontramos en un punto de inflexión que hace necesario reorientar el desarrollo del crecimiento continuo hacia el mantenimiento de los recursos y la sostenibilidad.

En el informe “*Our Common Future*” (Brundland Report, 1987) (<http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm> [consultado 12.09.2009]) se propuso el principio de desarrollo sostenible como un paradigma para el desarrollo futuro. Se planteaba la posibilidad de conseguir un crecimiento económico a partir de una política de sostenibilidad y expansión en base a los recursos ambientales. El éxito de dicho desarrollo depende de actuaciones políticas basadas en la adecuada gestión de los recursos ambientales para garantizar el progreso humano sostenible. En dicho informe se define el desarrollo sostenible como aquel que garantiza las necesidades del presente sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. La vulnerabilidad a desastres naturales no aparece concretada en el informe, sin embargo si se hace referencia a aspectos clave de la vulnerabilidad social y territorial, como son la pobreza, la educación, o el modelo de concentración de la población en zonas urbanas. El informe puede considerarse un referente para el desarrollo sostenible y a su vez para la reducción de la vulnerabilidad en el planeta.

El principio de “desarrollo sostenible” fue adoptado por la conferencia de Naciones Unidas de Rio de Janeiro de Medio Ambiente y Desarrollo proponiendo un marco de implementación para dichas propuestas. Los principios de la Declaración de Rio sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Junio 2002) (UNCED, 1992) establecen al hombre como el centro del desarrollo. Alguno de sus artículos en que se despliegan los principios hace referencia a la vulnerabilidad a desastres naturales. En concreto se habla de la vulnerabilidad ambiental de determinados países (artículo 7) que disponen de recursos naturales valiosos pero que se encuentran en peligro a causa de un desarrollo incontrolado. También se hace referencia a la necesidad de un principio de solidaridad internacional respecto a los desastres naturales, así como del carácter transfronterizo de los efectos de los desastres naturales.

1. *“Los seres humanos están en el centro de las preocupaciones por el desarrollo sustentable. Tienen Derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza”*
7. *“Se deberá dar especial prioridad a la situación y las necesidades especiales de los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados y los más vulnerables desde el punto de vista ambiental. En las medidas internacionales que se adopten con respecto al medio ambiente y al desarrollo también se deberían tener en cuenta los intereses y las necesidades de todos los países”*
18. *Los Estados deberán notificar inmediatamente a otros Estados de los desastres naturales u otras situaciones de emergencia que puedan producir efectos nocivos súbitos en el medio ambiente de esos Estados. La comunidad internacional deberá hacer todo lo posible por ayudar a los Estados que resulten afectados.*

En el Programa 21: Sección I.de Naciones Unidas el apartado (7) Fomento del desarrollo sostenible de los asentamientos humanos. Dimensiones sociales y económicas. Apartado F. (UNCED, 1992). (http://www.un.org/esa/sustdev/documents/docs_key_conferences.htm , [12.08.2008]) también abunda de manera directa e indirecta en la necesidad de analizar la vulnerabilidad territorial como componente fundamental del riesgo a lo que dedica un gran número de artículos.

F. Promoción de la planificación y gestión de los asentamientos humanos en las regiones propensas a los desastres Bases para la acción

7.55 Los desastres naturales causan pérdidas de vidas, perturbaciones de las actividades económicas y de la productividad urbana - especialmente para los grupos de bajos ingresos altamente susceptibles - y datos ambientales, como la pérdida de tierras agrícolas fértiles y la contaminación de los recursos hídricos, y pueden contribuir a reasentamientos considerables de las poblaciones. Durante los dos últimos decenios se estima que han causado aproximadamente 3 millones de muertes y han afectado a 800 millones de personas. Las pérdidas económicas mundiales han sido estimadas por el Coordinador de las Naciones Unidas para el Socorro en Casos de Desastre en aproximadamente 30,000 a 50,000 millones de dólares por año.

7.56 La Asamblea General, en su resolución 44/236, proclamó el Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales a partir del 1- de enero de 1990. Los objetivos del Decenio 7/ están vinculados a los objetivos de la presente re-a de programas. 7.57 Además, hay una necesidad apremiante de encarar la cuestión de la prevención y reducción de los desastres provocados por el hombre y los desastres causados, entre otras cosas, por la industria, la generación de energía nuclear con dispositivos de seguridad deficiente y los desechos tóxicos (véase el capítulo 6 del Programa 21).

Objetivo

7.58 El objetivo es poner a todos los países, en particular los propensos a los desastres, en condiciones de mitigar las consecuencias negativas para los asentamientos humanos, las economías nacionales y el medio ambiente de los desastres naturales o provocados por el hombre.

Actividades

7.59 Como parte de esta re-a de programas se prevén tres esferas de actividades distintas, a saber, el desarrollo de una "cultura de seguridad", la planificación previa a los desastres y la reconstrucción posterior a los desastres.

a) Desarrollo de una cultura de seguridad

7.60 Para promover una "cultura de seguridad" en todos los países, especialmente los propensos a los desastres, se deberían realizar las siguientes actividades:

a) Efectuar estudios nacionales y locales sobre la naturaleza y frecuencia de los desastres naturales, sus consecuencias para la población y las actividades económicas, los efectos de la construcción y la utilización inadecuadas de la tierra en las zonas propensas a los desastres y las ventajas sociales y económicas de una planificación adecuada previa a los desastres;

b) Organizar campañas nacionales para crear conciencia de la importancia de la seguridad en el plano nacional y local, utilizando todos los medios de difusión disponibles, y convertir esos conocimientos en información que el público en general y las poblaciones directamente expuestas a los peligros puedan comprender fácilmente;

c) Fortalecer o desarrollar sistemas mundiales, regionales, nacionales y locales de alerta temprana para advertir a las poblaciones de desastres inminentes;

d) Individualizar, en los planos nacional e internacional, las zonas de desastres ambientales causados por actividades industriales y ejecutar estrategias encaminadas a rehabilitar esas zonas, por conducto, entre otras cosas, de las siguientes actividades:

i) La reestructuración de las actividades económicas y la promoción de nuevas oportunidades de empleo en sectores ecológicamente racionales;

ii) La promoción de una estrecha colaboración entre las autoridades gubernamentales y locales, las comunidades locales y las organizaciones no gubernamentales y la empresa privada;

iii) La elaboración y aplicación de normas estrictas de control del medio ambiente.

b) Actividades de planificación previa a los desastres

7.61 La planificación previa a los desastres debería formar parte integrante de la planificación de los asentamientos humanos en todos los países. Debería incluir lo siguiente:

a) Realización de investigaciones sobre los riesgos y la vulnerabilidad de los asentamientos humanos y de la infraestructura de los asentamientos, incluidos agua y alcantarillado y redes de comunicaciones y transporte, ya que un tipo de reducción de riesgos puede aumentar la vulnerabilidad a otros (por ejemplo, una casa de madera resistente a los terremotos ser más vulnerable a los vendavales);

b) Elaboración de metodologías para determinar los riesgos y la vulnerabilidad dentro de determinados asentamientos humanos e incorporación de la reducción de riesgos y de vulnerabilidad en la planificación de asentamientos humanos y en el proceso de gestión;

c) Reorientación de las nuevas actividades de desarrollo y de asentamientos humanos que no se consideren apropiadas hacia zonas que no sean propensas a los desastres;

d) Preparación de directrices sobre la ubicación, el diseño y el funcionamiento de industrias y actividades que puedan ser peligrosas;

e) Elaboración de instrumentos (jurídicos, económicos, etc.) para alentar un desarrollo que tenga presentes los desastres, incluidos los medios de asegurar que las limitaciones de las opciones de desarrollo no perjudiquen a los propietarios, o incorporar medios de indemnización;

f) Elaboración y difusión de información sobre materiales y técnicas de construcción resistentes a los desastres para edificios y obras públicas en general;

g) Elaboración de programas de capacitación para contratistas y constructores sobre métodos de construcción resistentes a los desastres. Algunos programas deberían orientarse especialmente hacia las pequeñas empresas, que construyen la mayor parte de las viviendas y otros edificios pequeños en los países en desarrollo, y hacia las poblaciones rurales, que construyen sus propias viviendas;

h) Elaboración de programas de capacitación para los administradores de sitios de emergencia, organizaciones no gubernamentales y grupos de la comunidad que abarquen todos los aspectos de la mitigación de los desastres, incluidas las actividades de búsqueda y rescate en zonas urbanas, las comunicaciones de emergencia, las técnicas de alerta temprana y la planificación previa a los desastres;

i) Elaboración de procedimientos y prácticas para que las comunidades locales puedan recibir información sobre instalaciones o situaciones peligrosas en sus jurisdicciones y facilitar su participación en los procedimientos y planes de alerta temprana, reducción de los desastres y reacción en casos de desastre;

j) Preparación de planes de acción para la reconstrucción de los asentamientos, especialmente la reconstrucción de las actividades vitales de la comunidad.

c) Reconstrucción y planificación de la rehabilitación posterior a los desastres 7.62 La comunidad internacional, en su calidad de principal asociado en la reconstrucción y rehabilitación posterior a los desastres, debería velar por que los países afectados por ellos aprovecharan los fondos asignados en la mayor medida posible mediante la ejecución de las siguientes actividades:

a) Investigaciones sobre la experiencia adquirida en los aspectos sociales y económicos de la reconstrucción posterior a los desastres y adopción de estrategias y directrices eficaces para la reconstrucción posterior a los desastres, haciendo hincapié especialmente en las estrategias orientadas hacia el desarrollo para la asignación de recursos de reconstrucción escasos y en las oportunidades que ofrece la reconstrucción posterior a los desastres de incorporar patrones de asentamiento sostenible;

b) Preparación y difusión de directrices internacionales para su adaptación a las necesidades nacionales y locales;

c) Apoyo a los esfuerzos desplegados por los gobiernos nacionales para instituir procedimientos de planificación para emergencias, con participación de las comunidades afectadas, en materia de reconstrucción y rehabilitación posterior a los desastres.

Medios de ejecución

a) Financiación y evaluación de los costos

7.63 La secretaria de la Conferencia ha estimado que el costo total medio por año (1993-2000) de la realización de las actividades de este programa ascenderá a unos 50 millones de dólares, que la comunidad internacional suministrará a título de donación o en condiciones de favor. Estas estimaciones son indicativas y aproximadas únicamente y no han sido objeto de examen por los gobiernos. Los costos reales y las condiciones financieras, incluidas las no concesionarias, dependerán, entre otras cosas, de las estrategias y los programas específicos que los gobiernos decidan ejecutar.

b) Medios científicos y tecnológicos

7.64 Los científicos e ingenieros que se especializan en esta esfera en los países en desarrollo y en los países desarrollados deberían colaborar con los encargados de la planificación urbana y regional para proporcionar los conocimientos básicos y los medios de mitigar las pérdidas producidas por los desastres y por el desarrollo ecológicamente inapropiado.

c) Desarrollo de los recursos humanos y aumento de la capacidad

7.65 Los países en desarrollo deberían organizar programas de capacitación sobre métodos de construcción resistentes a los desastres para los contratistas y constructores que construyen la mayor parte de las viviendas en los países en desarrollo. Esos programas de capacitación deberían centrarse principalmente en las empresas comerciales pequeñas, que construyen la mayoría de las unidades de vivienda en los países en desarrollo.

7.66 Los programas de capacitación deberían extenderse a funcionarios gubernamentales, a los encargados de la planificación y a las organizaciones comunitarias y no gubernamentales para abarcar todos los aspectos de la mitigación de desastres, como técnicas de alerta temprana, planificación y construcción previas a los desastres y construcción y rehabilitación posteriores a los desastres.

También la Cumbre de **United Nations Millennium Declaration 2000** (UNCED, 2000) incluye un apartado que hace referencia a la vulnerabilidad de las comunidades y especialmente de los más desfavorecidos socialmente frente a catástrofes naturales.

VI. Protecting the vulnerable

26. We will spare no effort to ensure that children and all civilian populations that suffer disproportionately the consequences of natural disasters, genocide, armed conflicts and other humanitarian emergencies are given every assistance and protection so that they can resume normal life as soon as possible.

We resolve therefore:

- To expand and strengthen the protection of civilians in complex emergencies, in conformity with international humanitarian law.

En las conclusiones de la cumbre de Johannesburgo del año 2002 (agosto-septiembre)(UNCED , 2002) aparece el concepto de vulnerabilidad señalado como uno de los grandes problemas a resolver. En este caso se alude a que “los países en desarrollo, se han vuelto más vulnerables”.

13. El medio ambiente mundial sigue deteriorándose. Continúa la pérdida de biodiversidad; siguen agotándose las poblaciones de peces; la desertificación avanza cobrándose cada vez más tierras fértiles; ya se hacen evidentes los efectos adversos del cambio del clima; los desastres naturales son más frecuentes y más devastadores, y los países en desarrollo se han vuelto más vulnerables, en tanto que la contaminación del aire, el agua y los mares sigue privando a millones de seres humanos de una vida digna.

19. Reafirmamos nuestra promesa de asignar especial importancia a la lucha contra problemas mundiales que representan graves amenazas al desarrollo sostenible de nuestra población y darle prioridad. Entre ellos cabe mencionar el hambre crónica, la malnutrición, la ocupación extranjera, los conflictos armados, los problemas del tráfico ilícito de drogas, la delincuencia organizada, la corrupción, los desastres naturales, el tráfico ilícito de armas, la trata de personas, el terrorismo, la intolerancia y la incitación al odio racial, étnico, religioso y de otra índole, la xenofobia y las enfermedades endémicas, transmisibles y crónicas, en particular el VIH/SIDA, el paludismo y la tuberculosis.

Los objetivos incluidos en la Declaración del Milenio de Naciones Unidas mantienen una estrecha relación con los objetivos de reducción de la vulnerabilidad en general .pp. 16. (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), 2004)

- 1. Erradicar la pobreza extrema y el hambre.*
- 2. Lograr la enseñanza primaria universal.*
- 3. Promover la igualdad entre los géneros y la autonomía de la mujer.*
- 4. Reducir la mortalidad infantil.*
- 5. Mejorar la salud materna*
- 6. Luchar contra el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades.*
- 7. Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente*
- 8. Fomentar una asociación mundial para el desarrollo*

En especial los objetivos 1/3/7 se relacionan muy directamente con la reducción de vulnerabilidad y riesgo. Será difícil que todos los países puedan cumplir con los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) debido a las importantes pérdidas que les suponen los desastres naturales. Existe una interacción directa entre los problemas políticos, financieros, sanitarios, educativos, y ambientales y los desastres. Uno de los efectos más graves de los desastres es que sus pérdidas pueden ocasionar que las inversiones no se realicen para paliar los verdaderos problemas de los territorios (pobreza, hambre, educación, vivienda, agua potable, saneamiento, etc.) sino para mitigar sus efectos directos. Este hecho constituye un sistema de destrucción retroalimentada, ya si el desarrollo no se realiza de forma sostenible, los recursos sólo llegan a mitigar los efectos de la última catástrofe, sin dar opción a un desarrollo adecuado y sostenible que dé lugar a territorios resilientes.

Birkman (BIRKMANN, 2006) realiza un análisis comparativo de tres marcos conceptuales de la sostenibilidad en relación a la vulnerabilidad. El modelo del triángulo de Serageldin (SERAGELDIN, 1995) y el modelo de huevo de Busch-Lüty (BUSCH-LUTY, 1995) y la propuesta de principios del desarrollo sostenible del UN/ISDR.

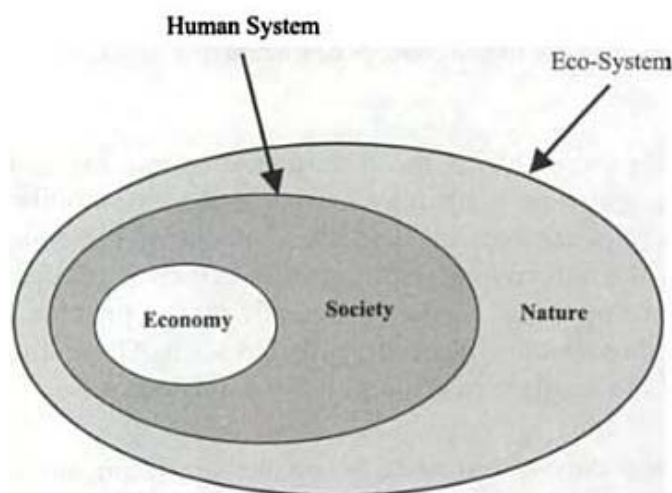


Figura 2.39. Huevo del desarrollo sostenible
Fuente: (BUSCH-LUTY, 1995)

Birkman considera el “modelo de huevo” el más adecuado para representar las bases y principios del desarrollo sostenible. Principalmente por el hecho del condicionamiento jerárquico de las esferas natural, social y económica, más que el modelo de triángulo que mantiene dichos elementos en polos opuestos. Asimismo, considera contradictorios y redundantes los principios del desarrollo sostenible propuestos en el modelo UN/ISDR. Por ejemplo, el principio de calidad de vida, ya se encuentra de forma indirecta incluido en la “sostenibilidad de la comunidad”.

Como hemos visto en los textos precedentes la vulnerabilidad viene recibiendo un reconocimiento internacional como uno de los conceptos clave en el desarrollo sostenible de los países. (ADRIANTO & MATSUDA, 2004). Nos encontramos en una situación generalizada de riesgos en la que la vulnerabilidad afecta a los mercados, las instituciones, ciudades y poblaciones, grupos demográficos específicos (géneros, grupos étnicos, regiones, etc.) El proceso de desarrollo en relación al tratamiento de la vulnerabilidad juega un papel prioritario en la configuración del riesgo de desastre. La reducción de todos los componentes de la vulnerabilidad tiene una repercusión en los efectos de las catástrofes.

Una de las claves de la recuperación y reconstrucción de los territorios y comunidades afectados por los desastres naturales es que se basen en el fortalecimiento y fomento del desarrollo sostenible. (BIRKMANN & FERNANDO, 2007).

Sobre esta base, el PNUD en su publicación sobre “La reducción de riesgos de desastres, un desafío para el desarrollo” (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) , 2004), pp.16, señala tres pasos necesarios para armonizar el desarrollo a la reducción del riesgo de desastres :

- *Reunir datos básicos sobre los riesgos de desastre y diseñar herramientas de planificación que acompañen la relación que existe entre las políticas de desarrollo y el riesgo de desastre.*
- *Reunir y dar a conocer las mejores prácticas de planificación y políticas de desarrollo que reducen el riesgo de desastre.*
- *Promover la voluntad política para dar una nueva orientación tanto al sector del desarrollo como al de la gestión de desastres*

En el mismo informe se identifican como puntos clave del desarrollo desequilibrado las siguientes cuestiones:

- Expansión urbana generalizada
- Abandono de las zonas rurales
- Asentamientos residenciales en zonas expuestas (zonas de inundación, zonas de transporte de mercancías peligrosas, zonas en peligro de deslizamiento)
- Mercado globalizado

La “Estrategia de Yokohama para un mundo más seguro y su Plan de Acción” fueron aprobados en la primera Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres (mayo de 1994, Yokohama (Japón)). En alguno de los principios de la Estrategia aparecen referencias importantes en la reducción de la vulnerabilidad en relación al fomento del desarrollo sostenible:

(3) La prevención de desastres y la preparación para casos de desastre deben considerarse aspectos integrales de la política y la planificación del desarrollo en los planos nacional, regional, bilateral, multilateral e internacional.

(6) Las medidas preventivas son más eficaces cuando entrañan la participación en todos los planos, desde la comunidad local hasta los planos regional e internacional, pasando por los gobiernos de los países.

(7) La vulnerabilidad puede reducirse mediante la aplicación de métodos apropiados de diseño y unos modelos de desarrollo orientados a los grupos beneficiarios, mediante el suministro de educación y capacitación adecuadas a toda la comunidad.

(9) La protección del medio ambiente como componente de un desarrollo sostenible que sea acorde con la acción paliativa de la pobreza es esencial para prevenir los desastres naturales y mitigar sus efectos.

La Conferencia Mundial de Reducción de Desastres celebrada en enero de 2005 en Kobe, Hyogo Japón adoptó un Plan de Acción 2005-2015 “Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters” (UNITED NATIONS. ISDR, 2007) también hace referencia a la necesidad de armonizar el desarrollo sostenible con la reducción de la vulnerabilidad y los desastres.

2. *La comprensión y aceptación crecientes de la importancia de la reducción del riesgo de desastres depende de que la cuestión se incorpore en los compromisos mundiales para el desarrollo sostenible que tan claramente se expresaron en el Plan de Aplicación de las Decisiones de Johannesburgo, aprobado en la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible especialmente mediante sus disposiciones sobre la vulnerabilidad, la evaluación de riesgos y la gestión de los desastres.*

100. ... los países van comprendiendo que la reducción del riesgo de desastres es fundamental para el desarrollo sostenible, y que las actividades de desarrollo pueden en algunos casos crear o incrementar la vulnerabilidad.

En verdad la sociedad en la actualidad está asumiendo un rol más activo frente a los riesgos. En primer lugar, existe una demanda creciente de información sobre el riesgo y vulnerabilidad y en segundo término, una necesidad de políticas, planes y proyectos públicos de protección frente a riesgos y en pro de la reducción de la vulnerabilidad. (VALLEJO VILLALTA & CAMARILLO NARANJO, 2000).

El estudio de la sostenibilidad y vulnerabilidad converge en distintos aspectos. Davidson (DAVIDSON, 1997) señala la similitud metodológica de los estudios de riesgo y sostenibilidad *“Risk assessment studies are similar to sustainable development applications in the sense that they also require a multidisciplinary approach and use information from physical, socioeconomic, and other fields. Many indicators for risk assessment are compatible with indicators for sustainable development.*

2.6.5. Vulnerabilidad frente a Peligros Naturales

Un peligro es una *amenaza latente que representa la probable manifestación de un fenómeno físico de origen natural, socio-natural o antropogénico, que puede producir efectos adversos en las personas, la producción, la infraestructura y los bienes y servicios. Es un factor de riesgo físico externo a un elemento o grupo de elementos sociales expuestos, que se expresa como la probabilidad de que un fenómeno se presente con una cierta intensidad, en un sitio específico y dentro de un periodo de tiempo definido.* (Vocabulario Controlado de Desastres: http://vcd.crid.or.cr/vcd/index.php/AMENAZA/_HAZARD [consultado 18.10.2008])

La vulnerabilidad territorial frente a eventos catastróficos está condicionada por el tipo de amenaza al que deberán hacer frente los componentes del territorio. La respuesta de las comunidades, de su patrimonio, de las infraestructuras será diferente en función del tipo de peligro natural (incendio, inundación, deslizamiento, sísmico, etc.).

Cardona (CARDONA, 2003) remarca la existencia de una concomitancia y condicionamiento entre la amenaza y la vulnerabilidad. Es decir, no se puede ser vulnerable si no se está amenazado, y por otro lado no existe amenaza para un elemento si no está expuesto y es vulnerable. Son condiciones mutuamente condicionantes.

Las relaciones entre vulnerabilidad y peligro pueden verse reflejadas en el gráfico siguiente propuesto por Alexander:

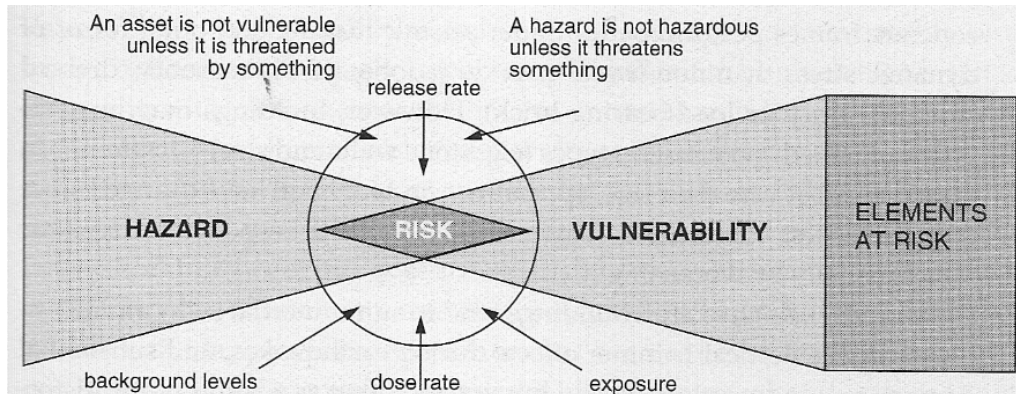


Figura 2.40. Relaciones entre peligro, vulnerabilidad, riesgo y conceptos asociados
Fuente : (ALEXANDER , 2002, pp. 29)

La expresión del peligro frente a amenazas incluye una incertidumbre representada por una probabilidad de que acontezca dicho fenómeno. La vulnerabilidad también incluye incertidumbre y se expresa del mismo modo mediante una función de probabilidad.

En ocasiones la distinción entre peligro y vulnerabilidad no es sencilla, p.e. un bosque de coníferas tiene un peligro alto de incendio (por sus características físicas, localización, etc.) y a su vez es muy vulnerable al fuego por lo que podría entenderse que en la consideración del riesgo pudieran darse redundancias o amplificación de determinados aspectos.

La identificación de peligros normalmente es la primera fase en el análisis de riesgos. Analizar los peligros supone responder a las preguntas de cuándo se producirá el evento, dónde y por qué.

La bibliografía distingue tres tipos de causas de los peligros: naturales, tecnológicas y antropogénicas. Aunque se han hecho diversas clasificaciones en función de diversos criterios (Figura 2.41).

<p style="text-align: center;">AMENAZA</p> <p>Evento físico, potencialmente perjudicial, fenómeno y/o actividad humana que puede causar la muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental.</p>	
<p style="text-align: center;">AMENAZAS NATURALES</p> <p>Procesos o fenómenos naturales que tienen lugar en la biosfera que pueden resultar en un evento perjudicial y causar la muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental.</p>	
ORIGEN	FENÓMENOS / EJEMPLOS
<p>Amenazas hidrometeorológicas</p> <p>Procesos o fenómenos naturales de origen atmosférico, hidrológico u oceanográfico, que pueden causar la muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Inundaciones, flujos de lodo y detritos • Ciclones tropicales, marejadas, vientos, lluvias y otras tormentas severas, ventiscas, rayerías • Sequías, desertificación, incendios forestales, temperaturas extremas, tormentas de arena o polvaredas • Heladas, avalanchas de nieve
<p>Amenazas geológicas</p> <p>Procesos o fenómenos naturales terrestres, que puedan causar pérdida de vida o daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Terremotos, tsunamis • Actividad y erupciones volcánicas • Movimientos de masas, deslizamientos, desprendimiento de rocas, licuefacción • Colapso de superficies, actividad de fallas geológicas
<p>Amenazas biológicas</p> <p>Procesos de origen orgánico o transportados por vectores biológicos, incluidos la exposición a microorganismos patógenos, toxinas y sustancias bioactivas, que pueden causar la muerte o lesiones, daños materiales, disfunciones sociales y económicas o degradación ambiental.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Brotes de enfermedades epidémicas, contagio de plantas y animales y pandemias
<p style="text-align: center;">AMENAZAS TECNOLÓGICAS</p> <p>Amenaza originada por accidentes tecnológicos o industriales, procedimientos peligrosos, fallos de infraestructura o de ciertas actividades humanas, que pueden causar muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental.</p> <p>Ejemplos: contaminación industrial, actividades nucleares y radioactividad, desechos tóxicos, rotura de presas; accidentes de transporte, industriales o tecnológicos (explosiones, fuegos, derrames).</p>	
<p style="text-align: center;">DEGRADACIÓN AMBIENTAL</p> <p>Disminución de la capacidad del ambiente para responder a las necesidades y objetivos sociales y ecológicos.</p> <p>Los efectos potenciales son variados y pueden contribuir al incremento de la vulnerabilidad, frecuencia e intensidad de las amenazas naturales.</p> <p>Algunos ejemplos: degradación del suelo, deforestación, desertificación, incendios forestales, pérdida de la biodiversidad, contaminación atmosférica, terrestre y acuática, cambio climático, aumento del nivel del mar, pérdida de la capa de ozono.</p>	

Figura 2.41. Clasificación de los peligros o amenazas
Fuente : (ISDR. Naciones Unidas, 2004, pp.43.)

Smith (SMITH, 1992) presenta una clasificación en la que cada peligro se evalúa en función de tres criterios: natural/artificial, voluntario/involuntario, intenso/difuso. Ello proporciona una visión singular de los peligros.

Es importante señalar que la aparición de los peligros en ocasiones también es sinérgica, en el sentido de que un peligro puede generar otros. Así, por ejemplo, un terremoto, puede ocasionar deslizamientos, incendios, tsunamis, inundaciones, etc. La vulnerabilidad asociada a un peligro por tanto tiene que contemplar este hecho por lo que en ocasiones algunos autores no hacen referencia a vulnerabilidad específica por un peligro concreto sino vulnerabilidad global.

La vulnerabilidad de las poblaciones respecto al peligro se divide en dos grupos:

- vulnerabilidad dependiente del peligro. Se trataría de una condición que hace a las entidades (individuos/comunidades/ infraestructuras/medio ambiente) más vulnerables frente a un determinado tipo peligro debido a unas condición intrínsecas particulares, como por ejemplo el material de construcción.

- vulnerabilidad independiente del peligro. Hace referencia a características generales de los elementos expuestos que no dependen tanto de uno u otro peligro. En este tipo de vulnerabilidades se incluye, en especial, la vulnerabilidad social (por ejemplo, la educación de la población, la disponibilidad de sistemas de emergencia, etc.).

Los atributos del peligro también inciden de forma directa sobre el nivel de daños potenciales. Este hecho es utilizado en la evaluación de daños mediante el uso de las curvas de daños, que relacionan las intensidades del peligro con un porcentaje de destrucción (Figuras 2.42, 2.43).

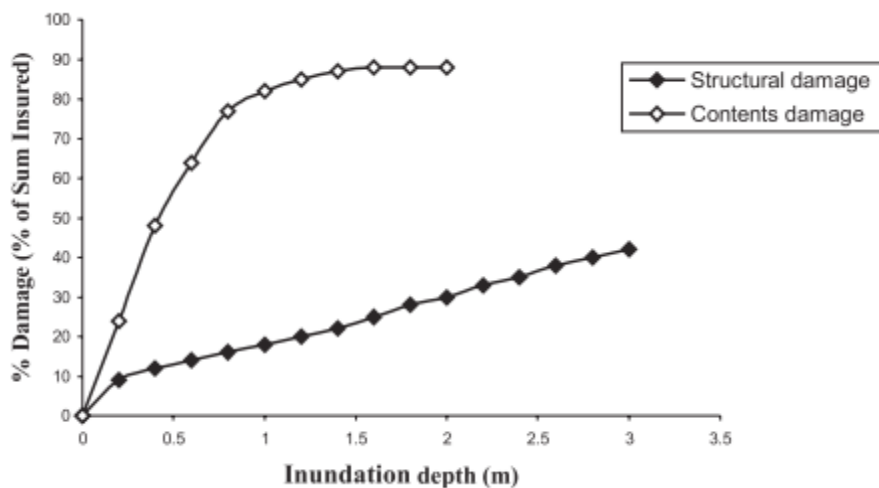


Figura 2.42. Curva de daños de inundación
Fuente : (EMA, 2002)

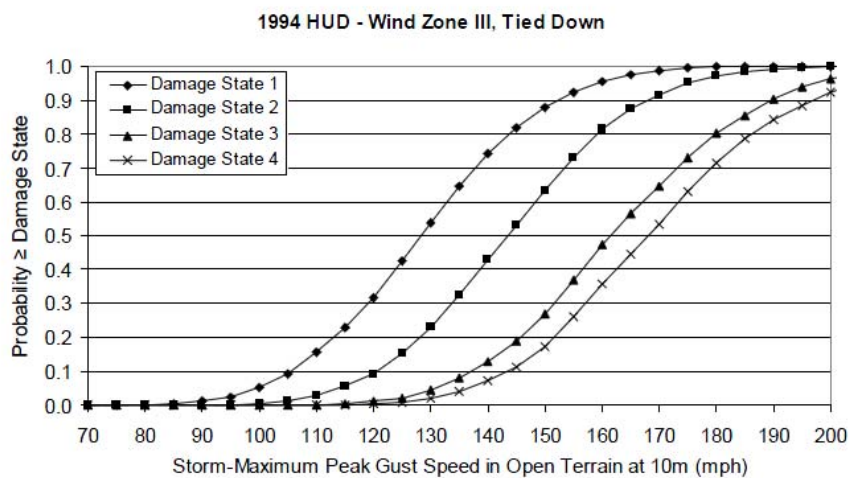


Figura 2.43. Curva de daños provocados por un huracán
Fuente : (HAZUS, 2003)

El peligro además de la intensidad del daño, también va condiciona la tipología del mismo (p.e. no es lo mismo un incendio que el colapso de un edificio).

En capítulos anteriores describimos al peligro y a la vulnerabilidad como dos componentes fundamentales del riesgo. El peligro responde a la probabilidad de que se produzca un tipo de evento, de una determinada magnitud en una localización dada. Un peligro natural, puede conducir a que se origine un desastre de origen natural en función de la vulnerabilidad de los elementos sobre los que incide; sea población, infraestructuras, actividades económicas o recursos medioambientales. Cada tipo de desastre natural (terremoto, inundación, erupción volcánica, tsunami, tornado, etc.) tiene una predisposición a afectar de una manera determinada al patrimonio territorial. Por ejemplo, los efectos de un tornado pueden ser distintos a los de un terremoto o una inundación sobre una construcción; pe. Pérdida de ventanas y cristalerías (tornado), colapso del edificio (terremoto), pérdida de bienes por inundación. Consecuentemente, la vulnerabilidad de la población y los elementos del territorio podrá variar en relación al tipo de evento catastrófico al que se vea sometido (por ejemplo el material de construcción de un edificio condicionará una vulnerabilidad específica a cada tipo de evento).

En este sentido algunos autores han identificado elementos vulnerables a diferentes tipos catástrofes según su origen. Coburn (COBURN, SPENCE, et al., 1994) nos enuncia un listado de elementos potencialmente vulnerables a distintos tipos de desastres diferenciando su carácter tangible o intangible (Tabla 2.25).

	<i>Principal vulnerable elements</i>	
	<i>Tangibles</i>	<i>Intangibles</i>
Floods	Everything located in flood plains or tsunami areas. Crops, livestock, machinery, equipment, infrastructure. Weak buildings	Social cohesion, community structures, cohesion, cultural artifacts
Earthquakes	Weak buildings and their occupants. Machinery and equipment, infrastructure. Livestock. Contents of weak buildings	Social cohesion, community structures, cohesion, cultural artifacts
Volcanic eruption	Anything close to volcano. Crops, livestock, people, combustible roofs, water supply.	Social cohesion, community structures, cohesion, cultural artifacts
Land instability	Anything located on or at base of steep slopes or cliff tops, roads and infrastructure, buildings on shallow foundations	Social cohesion, community structures, cohesion, cultural artifacts
Strong winds	Lightweight buildings and roofs. Fences, trees, signs; boats fishing and coastal industries	Social cohesion, community structures, cohesion, cultural artifacts
Drought/ desertification	Crops and livestock. Agricultural livelihoods. Peoples' health	Disruption of populations. Destruction of the environment. Cultural losses
Technological disasters	Lives and health of those involved or in the vicinity. Buildings, equipment, infrastructure, crops and livestock	Destruction of the environment. Cultural losses. Possible population disruption.

Tabla 2.25. Principales elementos vulnerables a diversos peligros

Fuente : (COBURN, SSPENCE, et al. , 1994)

Asimismo, encontramos una gran diversidad de metodologías de evaluación de la vulnerabilidad frente a distintos tipos de desastres que pueden aportar información relevante de los factores considerados en cada caso.

2.6.5.1. Deslizamientos

Dai (DAI, LEE, et al. , 2002) expone un método para la evaluación de la vulnerabilidad a los deslizamientos. Dai define la vulnerabilidad como el nivel de daño potencial, el grado de pérdida de un elemento determinado expresado en una escala de 0 a 1 en relación a una determinada intensidad de evento. Considera como factores clave de la vulnerabilidad: (a) runout distance (b) volumen y velocidad del deslizamiento (c) los elementos en riesgo, su naturaleza y proximidad al deslizamiento (edificios y otras estructuras) (d) las personas en riesgo, su proximidad, la naturaleza de los edificios/ carretera en la que se encuentran. Dai propone que en la evaluación de la vulnerabilidad deben considerarse el registro histórico de daños (Tabla 2.26).

Summary of Hong Kong vulnerability ranges and recommended values for death from landside debris in similar situations (from Finlay, 1996)

Case	Vulnerability of person		Comments
	Range in data	Recommended value	
<i>Person in open space</i>			
1. If struck by a rockfall	0.1–0.7	0.5 ^a	May be injured but unlikely to cause death
2. If buried by debris	0.8–1.0	1.0	Death by asphyxia
3. If not buried	0.1–0.5	0.1	High chance of survival
<i>Person in a vehicle</i>			
1. If the vehicle is buried/crushed	0.9–1.0	1.0	Death is almost certain
2. If the vehicle is damaged only	0–0.3	0.3	Death is highly likely
<i>Person in a building</i>			
1. If the building collapses	0.9–1.0	1.0	Death is almost certain
2. If the building is inundated with debris and the person buried	0.8–1.0	1.0	Death is highly likely
3. If the building is inundated with debris and the person not buried	0–0.5	0.2	High chance of survival
4. If the debris strikes the building only	0–0.1	0.05	Virtually no danger ^a

^a Better considered in more detail, i.e. the proximity of person to the part of the building affected by sliding.

Tabla 2.26.. Vulnerabilidad de la población a deslizamientos

Fuente : (DAI, LEE, et al. , 2002) a partir de (FINLAY, 1996)

Plantea la construcción de matrices de vulnerabilidad para edificios. Dicho método fue originalmente propuesto por Leone (LEONE, ASTE, et al. , 1996) y consiste en asignar un valor numérico (de 0 a 1) de vulnerabilidad a los edificios expuestos en función de las características del evento potencial y su resistencia técnica.

		Buildings at risk				S - Squatter L - Low-rise building M - Multi-storey building H - High-rise building
		S	L	M	H	
Landslide characteristics	T					
	M					
	S					
	V					
	R					

T - Type of failure
M - Mechanism of failure
S - Scale
V - Velocity
R - Runout distance

Location, nature and other properties of low-rise building

Vulnerability		Distance to slide (m)			Nature			...
		<10	10-50	>50				
Scale (m ³)	<10 ²	0.3	0.2	0.1				
	10 ² -10 ³	0.4	0.3	0.2				
	10 ³ -10 ⁴	0.6	0.5	0.4				
	>10 ⁴	1.0	0.9	0.8				

Figura 2.44. Matriz de vulnerabilidad de edificios a los deslizamientos

Fuente : (DAI, LEE, et al. , 2002) a partir de (LEONE, ASTE, et al., 1996)

La tabla 2.26 y la figura 2.44 muestran el procedimiento de valoración de la vulnerabilidad de los edificios. En primer lugar, se valora su nivel y tipología de exposición y en segundo término, se analiza su vulnerabilidad derivada de su localización y características específicas.

2.6.5.2. Inundaciones

Las inundaciones son uno de los siniestros que en mayor medida provocan catástrofes naturales tanto por el número de víctimas que producen como por las pérdidas a que dan lugar. El Informe de Naciones Unidas “*Guidelines for reducing flood losses*” (United Nations, 2002) señala: “*Floods have the greatest damage potencial of all natural disaster worldwide and affect the greatest number of people*”. Asimismo, las pérdidas humanas y daños no sólo afectan gravemente a los países subdesarrollados, o en vías de desarrollo, sino que pueden provocar grandes pérdidas en países desarrollados e industrializados (Alemania, UK, Polonia, US, etc.).

Los primeros estudios de vulnerabilidad se realizaron para el análisis del riesgo de inundaciones en EEUU y el Reino Unido hace más de treinta años. Desde siempre se tiene conciencia que la vulnerabilidad a las inundaciones depende en gran medida del grado de preparación de los ocupantes y de las características físicas de las construcciones.(WORDSWORTH & BITHELL , 2004). Durante años, la evaluación de la vulnerabilidad frente a inundaciones se entendió como una actividad para la valoración de las inversiones económicas necesarias para su mitigación. (LEONE, ASTE, et al., 1996).

Swiss Re (HAUSMANN & PERILLS, 1999) enuncia varias acciones para salvar la vulnerabilidad frente a las inundaciones:

- Evitar el uso de zonas amenazadas. (Constituye la opción más económica y sensata).
- Realizar una adaptación de las construcciones.
- Fomentar la protección de bienes individuales (por ejemplo, situar patrimonio y elementos sensibles fuera del alcance de una potencial inundación.).
- Realización de obras hidráulicas y protección contra avenidas: construcción de presas diques, malecones, balsas de contención, aliviaderos, etc.
- Fomentar las tareas de movilización de bienes frente a una alerta de peligro.
- Asegurar bienes expuestos. Posibilidad sencilla y económica de cubrir el riesgo.

Barroca (BARROCA, BERNARDARA, et al. , 2006) plantea un modelo dinámico para la selección de indicadores de vulnerabilidad , especialmente para el caso de inundaciones que facilita al usuario la selección de uno u otro indicador en función del contexto territorial (*context dependent*). Dichos indicadores seleccionados deben ser medibles a una escala local y con fuentes de información validadas. Los indicadores se estructuran en un árbol jerárquico que se estructura en cinco módulos principales, que dan lugar a siete grupos principales (<http://www.daywater.h2o.net>, [consulta, 12.09.2008]). La estructura jerárquica mantiene el modelo de herencia (modulo, grupo, indicador) como (tronco, rama, hoja), pero no representa las relaciones entre los mismos. Cada indicador posee un conjunto de palabras clave que lo identifican. Las palabras clave incluyen: tipo de sector (economía y empleo, construcción y planeamiento urbano, asistencia y seguridad, ecología y ambiente físico, etc...), tipo de dato, campo relacionado (moral, económico, estético, etc.). La figura 2.45 presenta el modelo de valoración.

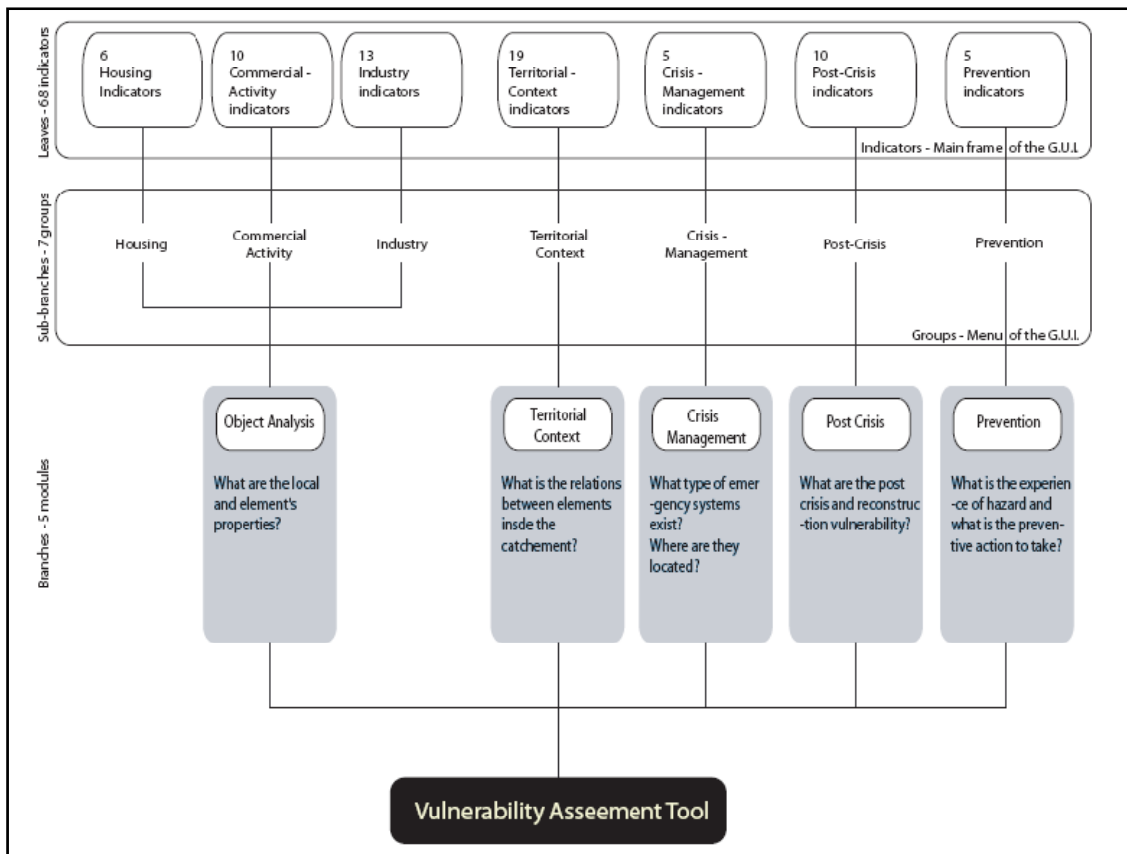


Figura 2.45. Evaluación de la vulnerabilidad
(BARROCA, BERNARDARA, et al., 2006)

En algunos casos el crecimiento urbanístico en zonas en peligro de inundación puede llegar a hacer ineficaz cualquier medida de mitigación de la amenaza. Esas son las conclusiones del trabajo de BESCOS y CAMARASA (BESCOS & CAMARASA, 2004) en el que evidencian que un incremento de la vulnerabilidad de las poblaciones hace ineficaz cualquier medida de prevención de las inundaciones.

Roy, realiza un análisis de los riesgos de inundación en Quebec y un análisis comparado de las normativas de protección de esta materia (ROY, ROUSSELLE, et al., 2003). Realiza un análisis del incremento del valor de los edificios en una zona inundable delatando la ausencia de una gestión adecuada de este tipo de áreas (Tabla 2.27). De igual forma, identifica las principales causas no naturales que provocan un incremento en la vulnerabilidad, como por ejemplo el desarrollo de red viaria en zonas inundables o la construcción de puentes.

Table IV. Building value in the 0-100 year floodplain (1997 dollars) (Tecsult, 1994c)^{1,2}

Municipality	Houses	Commercial enterprises	Industries	Institutions	Others	Total
Scott/ T.-F.	6,447,711 (79) ³	662,661 (8)	92,397 (1)	864,689 (10)	191,228 (2)	8,258 686
Sainte-Marie	42,049,346 (47)	11,440,339 (13)	17,305,797 (19)	15,384,247 (17)	3,266,530 (4)	89,446,259
Vallée-Jonction	16,422,702 (70)	1,027,701 (4)	3,525,405 (15)	1,813,322 (8)	690,437 (3)	23,479,567
Saint-Joseph	3,988,284 (56)	1,413,260 (20)	1,386,966 (19)	356,876 (5)	–	7,145,386
Beauceville	5,514,710 (31)	7,826,785 (43)	1,990,496 (11)	2,618,529 (15)	–	17,950,520
Saint-Georges	– (–)	9,615,100 (76)	– (–)	3,069,800 (24)	– (–)	12,684,900
Total (\$)	74,422,753 (47)	31,985,846 (20)	24,301,061 (15)	24,107,463 (15)	4,148,195 (3)	158,965,318

¹ Values from Tecult (1993) have been adjusted to 1997 dollars. Also, values for new buildings from 1994 to 1997 have been added to those of 1993. The report from Tecult does not include property values for Saint-Georges.

² Price index (Statistique Canada, 1997): July 1997/1993 = 135.2/130.5.

³ Numbers in brackets are percentages of total building value for the same municipality.

Tabla 2.27. Valor de los edificios en el periodo de retorno 0-100 años en la cuenca de inundación (valoración dolares 1997)
(ROY, ROUSSELLE, et al. , 2003)

GAO y otros (GAO, NICKUM, et al., 2007) sugiere un método para la evaluación de vulnerabilidad a las inundaciones de la región Dangting Lake Region de China. Remarca la complejidad en la evaluación de la vulnerabilidad requiriendo métodos sofisticados, pero a la vez la necesidad de que los técnicos y gestores dispongan de información adecuada sobre vulnerabilidad. *“it’s necessary to use a number of sophisticated assessment techniques, these techniques also must allow for presentation of the results in a form that is easily understood by officials at all levels and by community leaders”* pp. 28 . GAO, evalúa la vulnerabilidad en función de las propias características de la inundación (profundidad, duración, velocidad de flujo, extensión, etc.) y los elementos expuestos (actividad agrícola, edificios, economía regional o nacional, vidas humanas) (Tabla 2.28).

Flood characteristic	Vulnerability concern			Risk to human life
	Agriculture	Buildings	Regional or national economy	
Timing of flood	●			
Flood depth		●		●
Flood duration	●		●	
Flow velocity		●		●
Extent of flooding			●	
Debris load from flood	●	●		
Pollutant load from flood	●			●

Tabla 2.28. Impacto de las inundaciones sobre la vulnerabilidad
Fuente : (GAO, NICKUM, et al., 2007)

La metodología que formula se basa en el uso de imágenes de satélite Landsat, sistemas de información geográfica y modelos multicriterio para la obtención y procesamiento de la información. La tabla 2.29 presenta los resultados de la ponderación de la importancia de los factores de la vulnerabilidad.

	Flood disaster driver	Flood-enabling environment	Flood bearer	Overall rank in hierarchy
	0.500	0.375	0.125	
Precipitation	0.5860	0	0	0.293
Water from upper reaches	0.3060	0	0	0.153
Pesticides	0.0540	0	0	0.027
Fertilizers	0.0540	0	0	0.027
Elevation	0	0.3338	0	0.125
Flood zone of rivers	0	0.5907	0	0.222
Land cover	0	0.0755	0	0.0283
Life	0	0	0.3086	0.0386
Buildings	0	0	0.1065	0.0133
Agriculture	0	0	0.1065	0.0133
Fishery	0	0	0.0794	0.00993
Economy	0	0	0.3086	0.0386
Environment	0	0	0.0904	0.0113

Tabla 2.29. Ponderación factores de vulnerabilidad
Fuente : (GAO, NICKUM, et al., 2007)

Messner y Meyer (MESSNER & MEYER, 2005) presentan un modelo de análisis de la vulnerabilidad frente a inundaciones basado en el uso de indicadores de los elementos en riesgo de tipo social, económico o ecológico (Figura 2.46).

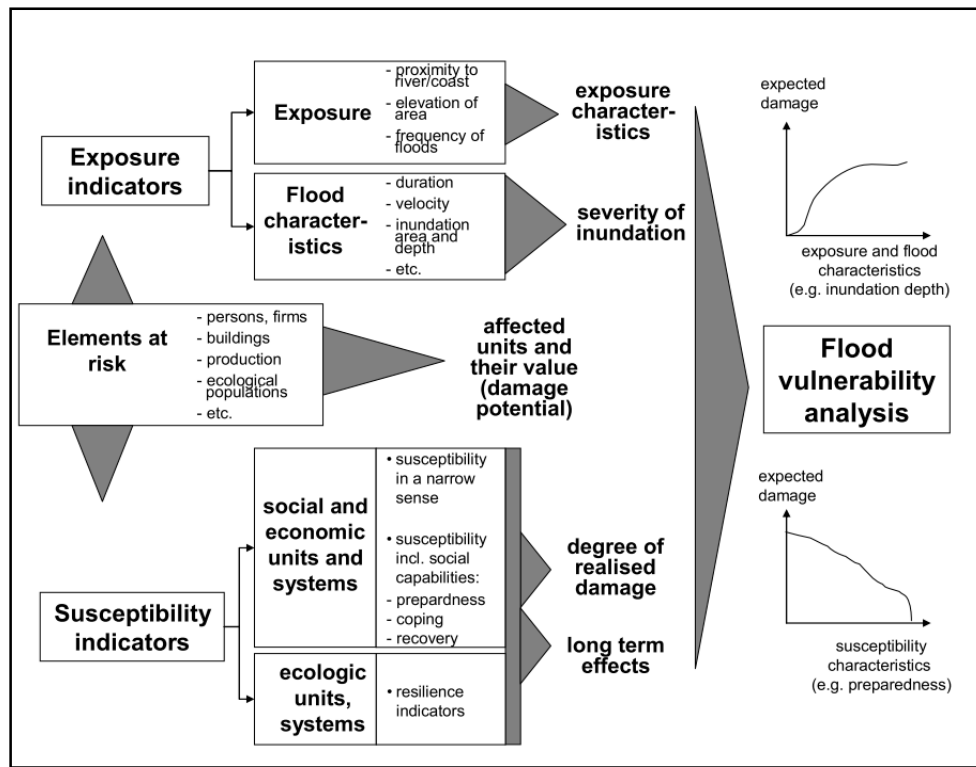


Figura 2.46. Indicadores utilizados en la evaluación de la vulnerabilidad frente a inundaciones

Fuente : (MESSNER & MEYER, 2005, pp.4).

Se proponen dos tipos de indicadores de exposición. El primer tipo está ligado propiamente a los elementos en riesgo (elevación, proximidad al río, etc.). El segundo, se relaciona con las características de la amenaza (o evento), duración, velocidad, profundidad, etc. Los indicadores de susceptibilidad incluyen aspectos socioeconómicos y ecológicos.

2.6.5.3. Terremotos

Los edificios y las infraestructuras suelen ser los elementos más dañados por los terremotos. Los gobiernos normalmente establecen directivas para que las construcciones se realicen cumpliendo unos estándares de calidad de edificación como medidas de mitigación de los peligros potenciales. En Estados Unidos dichas normativas y reglamentos se conocen como “*Building Codes*” (BURBY & MAY, 1999).

Luliana Armas (ARMAS, 2006) señala como principales factores de la vulnerabilidad frente a terremotos de Bucarest los siguientes aspectos:

- Alta densidad de habitantes especialmente en los distritos residenciales en bloques de apartamentos.
- La obsolescencia de la infraestructura.
- Los numerosos parques industriales en proceso de reestructuración.
- Ineficiente organización de la protección civil.
- Escasa educación de la población civil.

Davidson (DAVIDSON, 1997) propone un índice de riesgo de desastres sísmicos el “*Earthquake Disaster Risk Index*” (EDRI) que permite la comparación directa del riesgo de terremoto en diversas ciudades y describe la relativa contribución de cinco factores en relación con el riesgo. Incorpora indicadores de tipo estructural, físico, social y económico (Figura 2.47).

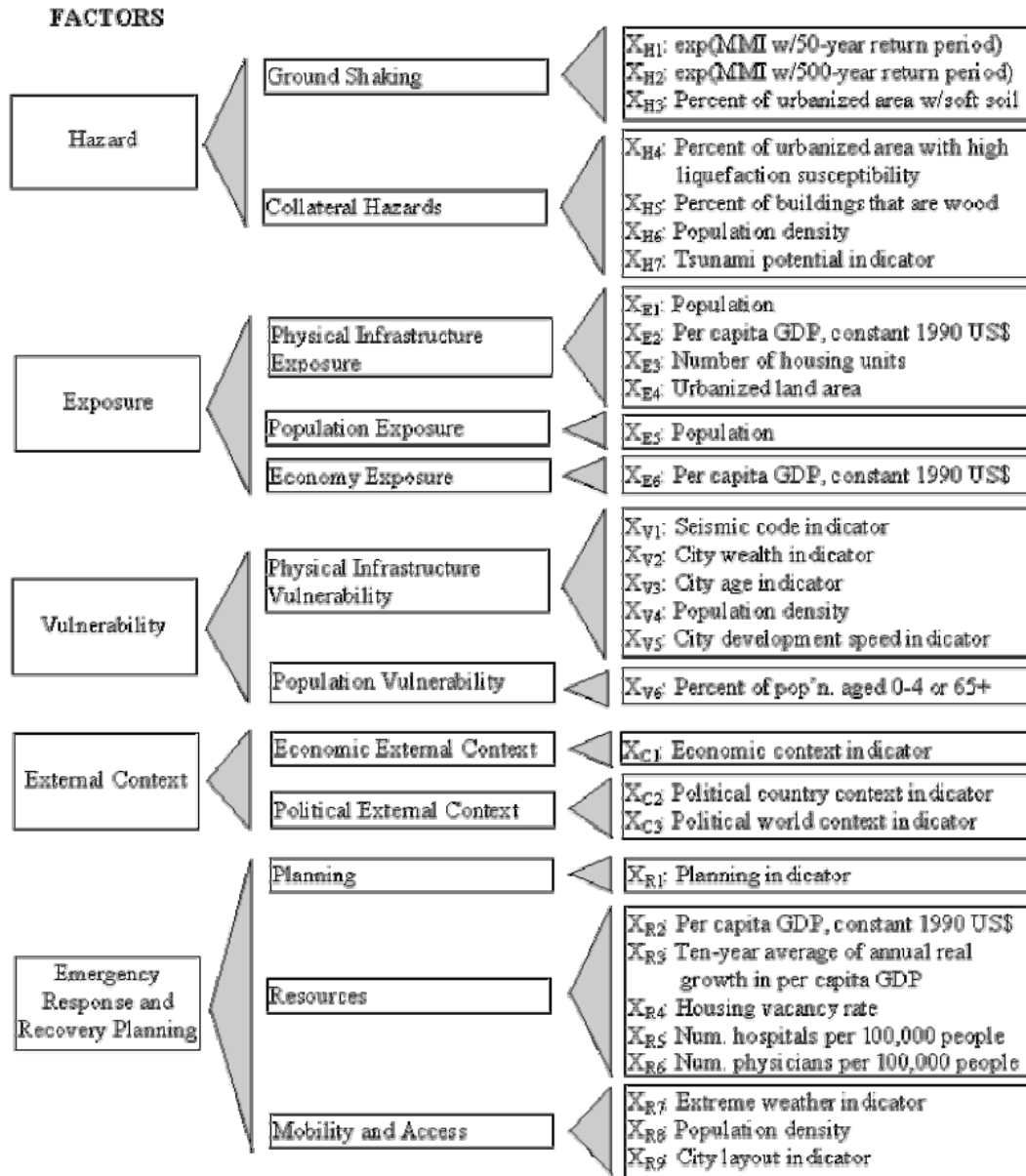


Figura 2.47. Indicadores utilizados en la evaluación de la vulnerabilidad frente terremotos

Fuente : (DAVIDSON ,1997, pp.4.)

Dolce (DOLCE, KAPPOS, et al., 2006) realiza un análisis de metodologías comparadas de evaluación de vulnerabilidad de los edificios y daños derivados de terremotos en el Sur de Italia. El trabajo destaca las capacidades de la tecnología SIG para chequear escenarios de estrategias de mitigación. Los métodos de análisis de la vulnerabilidad se basan en la realización de

inventarios sistemáticos de las tipologías y calidades constructivas de los edificios, así como la aplicación de modelos de daño para distintas simulaciones de eventos catastróficos.

Chen señala que existen dos métodos para la evaluación de la vulnerabilidad (CHEN, CHEN, et al. ,1997):

- El método tradicional que clasifica al conjunto de infraestructuras conforme a su estructura, material constructivo y ocupación. En este caso las pérdidas se estiman para cada tipología de edificación de forma separada. La estimación final de pérdidas se realiza como un agregado de infraestructuras perdidas. El problema principal de aplicar esta metodología es la falta de datos reales y actualizados de las tipologías constructivas.
- Y otro método basado en el uso de indicadores macroscópicos de tipo económicos para representar la riqueza sobre la que se estima un nivel de pérdidas. que representan la exposición total. Este método utiliza indicadores como el producto interior bruto (PIB) para representar la riqueza, de manera que se supone que el número de edificaciones, equipamientos e infraestructuras es posible estimarlo a partir del PIB.

Roca (ROCA, IRIZARRY, et al. , 2006) expone un método de medida de vulnerabilidad para edificios de uso residencial y de monumentos a dos niveles. El nivel I, se basa en la aplicación del método del índice de vulnerabilidad y la evaluación determinista de la peligrosidad en términos de intensidad. El nivel II, utiliza el método del espectro de capacidad y evaluaciones de peligrosidad en términos de aceleraciones espectrales. Se realiza una comparación de la capacidad de una estructura de resistir fuerzas laterales con la demanda de resistencia que un terremoto impone a la estructura.

El método del índice de vulnerabilidad ha sido desarrollado por el “*Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti*”. (CORSANEGO & PETRINI, 1994) Se basa en el hecho de que ciertas clases de estructuras con configuraciones y patrones de carga similares que tienden a experimentar tipos de daños semejantes cuando son afectadas por un terremoto. Para estas clases de edificios se desarrollan funciones de vulnerabilidad basadas en la observación de daños reales. Estas funciones de vulnerabilidad permiten calcular el daño esperado según la vulnerabilidad del edificio y de la intensidad del terremoto. La tabla 2.30 muestra los índices de vulnerabilidad para las tipologías estructurales.

RISK-UE	Descripción	V _I Min	V _I -	V _I Promedio	V _I +	V _I Max
URM	M3.1 Mampostería no reforzada con forjados de madera	0.460	0.650	0.740	0.830	1.020
	M3.2 Mampostería no reforzada con arcos de mampostería	0.460	0.650	0.776	0.953	1.020
	M3.3 Mampostería no reforzada con forjados de Acero y bovedillas cerámica	0.460	0.527	0.704	0.830	1.020
	M3.4 Mampostería no reforzada con forjados de hormigón armado	0.300	0.490	0.616	0.793	0.860
RC	RC3.2 Pórticos de hormigón armado con muros de relleno de mampostería con irregularidades	0.060	0.127	0.522	0.880	1.020
Acero	S1 Pórticos de acero	-0.020	0.467	0.363	0.640	0.860
	S3 Pórticos de acero con muros de relleno de mampostería	0.140	0.330	0.484	0.640	0.860
	S5 Sistema mixtos de acero y hormigón armado	-0.020	0.257	0.402	0.720	1.020

Tipologías de Monumentos	V _I Inferior	V _I Promedio	V _I Superior	Parámetro Φ
Palacios/Edificios	0.496	0.616	0.956	2.3
Monasterios	0.616	0.736	1.076	2.3
Castillos	0.356	0.456	0.766	2.3
Iglesias	0.77	0.89	1.26	3.0
Capillas	0.65	0.77	1.14	3.0
Mezquitas	0.67	0.73	0.94	2.65
Teatros	0.616	0.736	1.086	2.65
Torres	0.636	0.776	1.136	2.3
Puentes	0.216	0.296	0.566	2.3
Murallas	0.396	0.496	0.746	2.3
Arcos Triunfales	0.376	0.456	0.706	2.3
Obeliscos	0.396	0.456	0.746	1.95
Estatuas/Fuentes	0.236	0.296	0.606	1.95

Tabla 2.30. Índices de vulnerabilidad para las clases estructurales de Barcelona y por tipología de monumentos
Fuente : (ROCA, IRIZARRY, et al. ,2006 , pp. 7.)

2.6.5.4. Vulnerabilidad a otros peligros

Chester et al. (CHESTER, DIBBEN, et al. , 2002) plantea un método de evaluación de riesgos basado en la consideración del peligro y la vulnerabilidad. Desarrollan un estudio de la vulnerabilidad de la Bahía de Nápoles basándose en el conocimiento de los aspectos sociales de los riesgos naturales. Chester asimila la evaluación de la vulnerabilidad a los estudios de evaluación de impacto ambiental e identifica un conjunto de aspectos de la vulnerabilidad al desastre (Tabla 2.31)

Aspects of disaster vulnerability in the region of the Bay of Naples

Nature of vulnerability	Characteristics of the region of the Bay of Naples
<i>Total vulnerability</i> , e.g. of the poor	Population densities in Naples and many towns and villages are very high, and housing conditions of the poor are amongst the worst in Europe
<i>Economic vulnerability</i> , e.g. of the marginally employed	Many families survive by members having part-time, often casual employment within the non-official economy. The non-official economy is fuelled by perennially high unemployment and under-employment
<i>Technological vulnerability</i> , e.g. of the rich. High absolute losses will be suffered, but will not be fundamental to their survival	Economy and society is strongly dualistic and amongst the poverty there is also much new wealth within the emergent middle classes. Even the latter, however, often live in illegally built housing and so aspects of newly generated vulnerability are evident across the whole society
<i>Newly generated vulnerability</i> , e.g. new construction in hazard zones and residents having little experience of the hazards they face. This also includes environmental degradation	Illegal housing has been a constant feature of the region from 1945 to 1993, when corruption scandals and trials brought this to a standstill. New towns have been built and much illegal settlement has occurred on the potentially hazardous slopes of Vesuvius (see Fig. 1). This is combined with illegal land clearance in valleys and has increased the risk of flooding and landsliding, as occurred at the towns of Quindici and Sarno in 1998 (Fig. 1)
<i>Residual un-ameliorated vulnerability</i> , e.g. old buildings not adjusted to contemporary notions of risk	Many of the older towns, especially those on the coast (Fig. 1), are not adjusted to the eruption threat and are identified as being at great risk in a future eruption. It is from these towns that populations would have to be evacuated. Housing conditions in older towns and in Naples are poor and there has been a lack of investment in sewage and water treatment and in air pollution abatement
<i>Delinquent vulnerability</i> , e.g. flouted safety norms, and the geography of corruption	Weak and corrupt government throughout much of the post-Second World War period has allowed speculative building and a lack of urban planning. Organised crime syndicates, including the <i>Camorra</i> , are involved in most aspects of corruption and maladministration

Tabla 2.31. Aspectos de la vulnerabilidad de la Bahía de Nápoles
Fuente: (CHESTER, DIBBEN, et al. , 2002)

Paton sugiere un modelo de vulnerabilidad (o resiliencia) de las comunidades a los peligros volcánicos (PATON, MILLAR, et al., 2001) en el que incluye entre otras las siguientes variables : autoeficacia, educación, edad, soporte social, sentido de la comunidad. Asimismo, expone que los métodos de reducción de la vulnerabilidad social deben ser contingentes más que prescriptivos por parte de las autoridades competentes.

2.6.6. Vulnerabilidad territorial

El concepto de vulnerabilidad territorial frente a catástrofes naturales ha sido escasamente tratado por la literatura científica. No existen trabajos de referencia sobre esta materia y los que aluden a este concepto suelen ser estudios de casos que se dedican preferentemente a la evaluación de la vulnerabilidad de los sistemas esenciales del territorio.

Es particularmente significativo el trabajo realizado en la ciudad de Quito (Ecuador) por el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (<http://www4.quito.gov.ec/> [consultado 12.08.2008]) y el Institut de Recherche pour le Développement (<http://www.ec.ird.fr/> [consultado 12.08.2008]) (D'ERCOLE & METZGER, 2004) en el que se habla propiamente de vulnerabilidad territorial y descifran las diversas formas de vulnerabilidad que caracterizan los elementos esenciales ; “*Dicha vulnerabilidad no se resume a la sola exposición a las amenazas, se relaciona con factores legales, institucionales, de funcionamiento interno, de dependencia y de interacciones entre vulnerabilidades*”.

El concepto más próximo a la vulnerabilidad territorial que se encuentra referenciado es el de vulnerabilidad global o integrada. Wilches-Chaux (WILCHES-CHAUX, 1989) fue el que adoptó este concepto intentando con ello aglutinar el conjunto de dimensiones de estudio de la vulnerabilidad entre las que distinguió las siguientes:

- Física. Exposición y tipología de las construcciones.
- Social. Organización social, estructura interna comunidad.
- Económica. Dependencia económica. Diversificación economías locales. Acceso a servicios. Desempleo.
- Educativa. Ausencia de formación en riesgos, bajo nivel de estudios.
- Política
- Institucional. Administración obsoleta, burocracia e incapacidad de planificación.
- Cultural. Modelo social de la comunidad para enfrentarse al desastre. Elementos históricos y referencias de cultura frente al desastre.
- Ambiental
- Ideológica. Concepciones fatalistas del los desastres. Pasividad y resignación.
- Natural. Capacidades del ser humano a la supervivencia tras un desastre.
- Ecológica. Nivel de destrucción de ecosistemas naturales con la capacidad natural de mitigar los desastres.
- Técnica. Falta de conocimientos y/o acceso a tecnologías de prevención.

Sin embargo, la dimensión espacial no estaba propiamente incluida en estas.

Climent (ALONSO CLIMENT, 2002) también hace uso del término de vulnerabilidad global para representar el producto integrado de distintas vulnerabilidades. Señala que la vulnerabilidad es un concepto impreciso y mutante según los contextos que incluye un gran relativismo. Por ello, la vulnerabilidad global constituye un concepto múltiple y de imposible cálculo, solución técnica o diagnóstico. Asimismo, establece una estrecha relación entre las distintas vulnerabilidades (física, social, económica, natural...) de forma que al minimizar alguna de ellas puede amplificarse otra.

El análisis de los marcos conceptuales de la vulnerabilidad pone en relieve la existencia de un componente geográfico implícito en la mayoría de modelos, pero son muy escasas las propuestas centradas en este aspecto. El modelo de Cutter es el que expresa su territorialización de una forma más patente “*hazards-of-place*” (CUTTER, 1996) (CUTTER, BORUFF, et al. , 2003) sin embargo sigue su enfoque era mayormente social y no integra otros factores de importancia territorial.

Díaz Muñoz señala la gran complejidad del concepto de vulnerabilidad frente a riesgos naturales y tecnológicos en el ámbito geográfico, cultural, y socioeconómico y de ahí la dificultad de identificar las variables de la vulnerabilidad, y más si potencialmente deberían poder cartografiarse. Las variables que se utilizan con mayor frecuencia en el estudio de la

dimensión espacial de la vulnerabilidad son variables sociodemográficas, económicas y territoriales que recogen aspectos de la población, aspectos económicos e infraestructuras. (DIAZ MUÑOZ & DIAZ CATILLO, 2002).

Findlay incorpora un nuevo concepto geográfico a la vulnerabilidad “*Vulnerable Spatialities*” (FINDLAY, 2005). Findley remarca que utiliza “*spatialities*” en lugar de “*spaces*” por dos razones: en primer lugar, porque indica que hay una necesidad de dirigirse hacia concepciones de “espacios de vulnerabilidad” y, en segundo lugar, porque debe reconocerse que espacio y sociedad no deben ir separados. Findley analiza la dimensión espacial de la vulnerabilidad en relación al concepto de poder (básicamente económico) identificando cuatro enfoques de enfrentarse a la vulnerabilidad (ver figura 2.48).

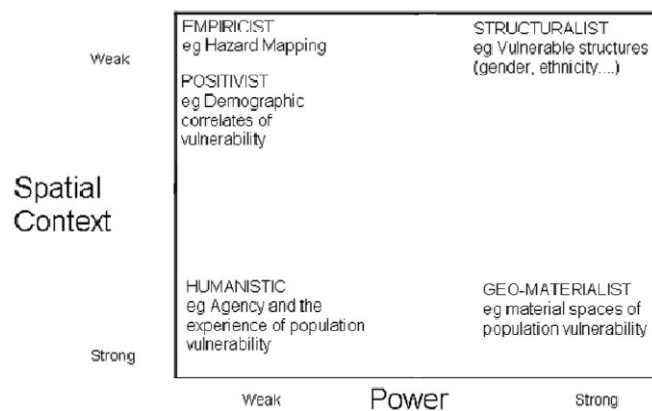


Figura 2.48. Aproximaciones al concepto de vulnerabilidad desde el punto de vista espacial y de poder
Fuente : (FINDLAY, 2005)

Entendemos que para llegar al conocimiento de la vulnerabilidad territorial hay que profundizar en el análisis de la componente geográfica de las vulnerabilidades de orden temático (vulnerabilidad social, económica, ambiental,...) o tipológico (sísmica, a inundaciones,, volcánica, etc.).

La vulnerabilidad territorial hace referencia a las propiedades de los elementos o actividades que se distribuyen o desarrollan en un territorio (población, infraestructuras, actividades económicas, medio ambiente) que les hace más susceptibles a padecer los efectos derivados de un evento natural.

En la expresión del riesgo propuesta por Cardona (CARDONA, 2001):

$$Riesgo = Peligro \times Vulnerabilidad$$

El riesgo se mide en algún tipo de unidades (personas, euros, edificios, etc.), el peligro expresa una probabilidad (de 0 a 1) y la vulnerabilidad se representa en las mismas unidades que el

riesgo. En este caso el concepto de vulnerabilidad incluye tres cuestiones fundamentales: los bienes expuestos, el valor de dichos bienes, y su vulnerabilidad intrínseca.

Exposición a peligros naturales

La exposición al peligro es considerada por muchos autores como una componente de la vulnerabilidad, la cual posee una dimensión geográfica implícita. Los diversos peligros naturales (inundaciones, tormentas tropicales, tsunamis, erupciones volcánicas, terremotos, deslizamientos, etc.) al manifestarse en el territorio exponen a sus consecuencias a las personas, bienes y actividades que se desarrollan en el mismo.

La vulnerabilidad territorial se vincula expresamente a la exposición a los peligros. Por definición, un territorio expuesto es un territorio más vulnerable. Por esa razón, las zonas que padecen habitualmente peligros, a su vez concentran mayor vulnerabilidad frente a desastres (pe. zonas costeras y especialmente insulares (vulnerabilidad a tsunamis, tifones, etc.), zonas montañosas (aludes,), zonas volcánicas, zonas forestales (incendios), etc.).

La vulnerabilidad territorial por exposición a los peligros es acumulativa en el sentido que una exposición a más tipos de peligros supone también una mayor vulnerabilidad.

En el proceso de evaluación de peligros, la frecuencia histórica de episodios catastróficos suele considerarse un factor que acrecienta su probabilidad. Por ello, la frecuencia geográfica de desastres pasados de forma indirecta también es un indicador de vulnerabilidad por exposición. Es decir, las zonas que han padecido más desastres, en principio son zonas más vulnerables que otras que no los han sufrido.

Valor de los bienes expuestos

A priori, podemos aceptar que la vulnerabilidad de un territorio será mayor en función del valor de sus bienes expuestos. No es lo mismo que se expongan zonas pobladas con vidas humanas e infraestructuras, que zonas naturales despobladas. El valor de los bienes expuestos, por tanto, repercute en el nivel de vulnerabilidad. El valor de los bienes no es siempre expresable en términos económicos, como las propias vidas humanas, o la pérdidas de elementos que son insustituibles (elementos esenciales/ *lifelines*), etc., por lo podrá ser expresado en otro tipo de unidades cuantitativas o cualitativas.

Si suponemos que todo un territorio está expuesto, el valor de sus bienes es una aproximación a su vulnerabilidad.

Vulnerabilidad intrínseca

La respuesta específica del territorio a un evento natural es en gran parte responsable de su transformación o no en desastre. Los elementos del territorio responden de distintas formas a los eventos de naturaleza catastrófica en función sus características internas. Así, por ejemplo, el material constructivo de los edificios condiciona su vulnerabilidad intrínseca respecto a un

movimiento sísmico o un deslizamiento; o la edad de la población repercutirá en el número de víctimas de un desastre.

De igual forma, existe una estrecha relación entre la vulnerabilidad intrínseca de los elementos y el nivel de severidad del evento. Así, los efectos producidos por un evento de baja magnitud podrán ser más mitigables que eventos de magnitud muy intensa. Por ejemplo, un huracán de máxima intensidad tendrá un efecto muy destructivo y hará vulnerables a todo tipo de construcciones independientemente del material de que estén hechas.

La vulnerabilidad intrínseca está asociada a los elementos del territorio y es un concepto multidimensional en cuyo análisis participan multitud de factores (pe. en la vulnerabilidad intrínseca de la población (edad, tipo de estudios, sexo, etnia, nivel económico, etc.)

La vulnerabilidad territorial de tipo social tiene una importancia transcendental en el efecto real de las catástrofes en las comunidades. La estructura social que se asienta sobre un espacio condiciona en gran medida su propia vulnerabilidad y capacidad de hacer frente a los eventos naturales catastróficos. Son muchos los aspectos que inciden en la vulnerabilidad social que revisamos en apartados anteriores la mayoría de los cuales tiene una manifestación geográfica. El modelo de desarrollo territorial de una sociedad es fruto del modelo económico y social de la población que lo ocupa. Una sociedad bien estructurada, sensible a las cuestiones medioambientales, respetuosa con los valores territoriales es una sociedad menos vulnerable que aquellas cuyo bienestar lo basan en el crecimiento exponencial y el consumo abusivo de recursos.

Factores de la vulnerabilidad territorial

La vulnerabilidad del territorio depende de un elevado número de factores o variables territoriales que hemos ido revisando a lo largo de este texto cuando nos referimos a los distintos tipos de vulnerabilidad: social, económica, ambiental, de infraestructuras, frente a peligros, etc. El territorio es la matriz donde dichos factores se desarrollan e interactúan. Además de dichos factores causales, la dimensión geográfica proporciona un conjunto de propiedades espaciales que pueden tener una incidencia determinante en su vulnerabilidad.

Accesibilidad y relaciones topológicas

La accesibilidad es una variable geográfica que juega un papel fundamental en la vulnerabilidad frente a peligros naturales. La accesibilidad, tanto en el sentido de proximidad o lejanía como de conectividad, son factores que pueden tener una implicación en la dimensión de las pérdidas producidas por un evento catastrófico. La proximidad a centros hospitalarios, proximidad a una vía de comunicación, a un espacio abierto, a una zona elevada o al foco del desastre pueden suponer la diferencia entre la vida y la muerte de una comunidad. Ertuga (ERTUGAY & DUZGUN S., 2006) evalúan distintos métodos de cálculo de accesibilidad (accesibilidad zona, isocronas, y accesibilidad en un sistema raster) como para la evaluación de riesgos sísmicos.

Las relaciones topológicas y de proximidad entre elementos geográficos juegan un papel decisivo en su vulnerabilidad. El hecho de que una población se encuentre más o menos próxima a una amenaza le confiere una vulnerabilidad potencial por exposición. O la proximidad a una población de una zona resguardada puede ser la diferencia entre la vida y la muerte. Las relaciones de adyacencia, contigüidad, conectividad o proximidad son decisivas en la caracterización geográfica de los espacios.

Vulnerabilidad centro periferia

Uno de los patrones geográficos que manifiesta la vulnerabilidad a los desastres es el modelo centro-periferia. Normalmente periferia es sinónimo de alejamiento de centros de poder económico-político y sinónimo de vulnerabilidad. (MASKREY, 1997).

El término periferia hace referencia al “espacio que rodea a un núcleo cualquiera”. Se trata de un concepto geométrico que lleva implícita la existencia de un núcleo/centro o ‘core’ del cual se genera un área periférica. El centro representa los recursos y el poder, y la periferia la dependencia y la subordinación. Entre el centro y la periferia se producen flujos asimétricos de personas, mercancías, capital, información, etc. que desequilibran el territorio. El concepto de periferia lleva implícito distancia, diferencia o dependencia (ESKELINEN 2005). Las unidades de la distancia no sólo puede ser geográficas, sino también temporales, económicas, políticas o culturales. Los territorios pueden ser periféricos o centrales en función de la temática que se trate. De forma tradicional los territorios periféricos llevan retraso frente a los centrales, y suelen ser dependientes de las decisiones políticas y son poco dinámicos. La existencia de periferia evidencia modelos asimétricos de desarrollo y disparidades regionales.

El modelo centro-periferia ha sido utilizado desde hace años para describir aspectos geográficos y económicos de procesos de distribución territorial a diversas escalas geográficas (espacio rural/espacio metropolitano, regiones, estados, Norte/Sur, etc.) (KRUGMAN 1991) (BALDWIN and FORSLID 2000)

Desde la propia constitución de la UE, se ha tratado de erradicar el modelo centro-periferia impulsando mecanismos de cohesión a todos los niveles. En el tratado de la UE su artículo 2 señala “promover el progreso económico y social y un alto nivel de empleo y conseguir un desarrollo equilibrado y sostenible, principalmente mediante la creación de un espacio sin fronteras interiores, el fortalecimiento de la cohesión económica y social y...” (UE 1992); ello implica que la población debería tener los mismos derechos y ventajas en cualquier lugar que se ubiquen de la UE. Por tanto, uno de sus principales objetivos es acabar con la periferia desde el sentido de derechos y servicios. Asimismo, la propuesta de Constitución Europea (UE 2004a) en su Sección 3. (Cohesión Económica, Social y Territorial) Artículo III-220, establece: “ *A fin de promover un desarrollo armonioso del conjunto de la Unión, ésta desarrollará y proseguirá su acción*

encaminada a reforzar su cohesión económica, social y territorial. En particular, la Unión intentará reducir las diferencias entre los niveles de desarrollo de las distintas regiones y el retraso de las regiones menos favorecidas.”.

La vulnerabilidad a los desastres naturales es mayor en los territorios periféricos ya que el aislamiento periférico conduce a una falta de resiliencia.

Diversidad geográfica

La localización geográfica de los territorios y sus características físicas (topográficas, litológicas, geomorfológicas, climáticas,, etc.) juegan un papel fundamental en su vulnerabilidad frente a desastres naturales.

Adrianto realiza un análisis de la vulnerabilidad de las regiones insulares (ADRIANTO & MATSUDA, 2004) desde el punto de vista económico y concluye que las zonas insulares son especialmente vulnerables debido a su pequeño tamaño, aislamiento, propensión a desastres naturales y limitación de recursos naturales. Hein (HEIN, 1990) identificó algunos factores, dificultad económica y ecológica del desarrollo sostenible, elevado coste en la provisión de materiales y la dotación de servicios públicos, escasez de recursos naturales, escaso desarrollo económico sin intervención exterior. Naciones Unidas (UNITED NATIONS, 1999) también ha señalado las zonas insulares como áreas altamente sensibles al cambio climático. Otro factor que las hace extremadamente vulnerables es la concentración de personas y equipamientos

Las zonas costeras presentan una mayor vulnerabilidad a padecer con mayor frecuencia determinados desastres naturales. El Tsunami del pasado 26 de Diciembre de 2004 fue un ejemplo claro de los efectos devastadores sobre las zonas litorales. Birkman (BIRKMANN & FERNANDO , 2007) realiza un análisis de la vulnerabilidad de las comunidades (Batticaloa y Galle) de las zonas costeras de Sri Lanka evidenciando el error de los estudios de riesgos realizados hasta la fecha en señalar dicha vulnerabilidad *“Internacional risk studies have failed to demonstrate vulnerability of coastal communities to tsunami in Sri Lanka”* y proponiendo un modelo de análisis de la vulnerabilidad en relación al modelo de desarrollo sostenible de la comunidad. Se ha evidenciado la necesidad de que la reconstrucción de las zonas afectadas debe hacerse de forma que reduzca la vulnerabilidad pero no se tiene certeza en que los métodos utilizados sean adecuados.

2.6.6.1. Mitigación de la vulnerabilidad territorial: Ordenación del Territorio

Uno de los principales desafíos de la actualidad es prevenir el riesgo de desastres a través del diseño e implementación de políticas sostenibles de desarrollo. Para ello es necesario en primer término, la incorporación del análisis de peligros, vulnerabilidades y riesgos a las tareas de planificación territorial. Y en segundo lugar, la puesta en marcha de sistemas de gestión

compensatoria orientados a la reducción y mitigación de la vulnerabilidad existente y reducción de riesgos heredados.

En un informe de evaluación de daños provocados por el Huracán Mitch en el Salvador realizado por el CEPAL se remarca : “*Si además los asentamientos humanos son espontáneos, sin que haya un ordenamiento del territorio, sin que medie la consideración de los factores biofísicos imperantes y sin considerar las condiciones de riesgo a que se exponen por la ubicación física, la vulnerabilidad aumenta en proporción directa a la imprevisión* “. (UN/CEPAL , 2004, pp. 56.)

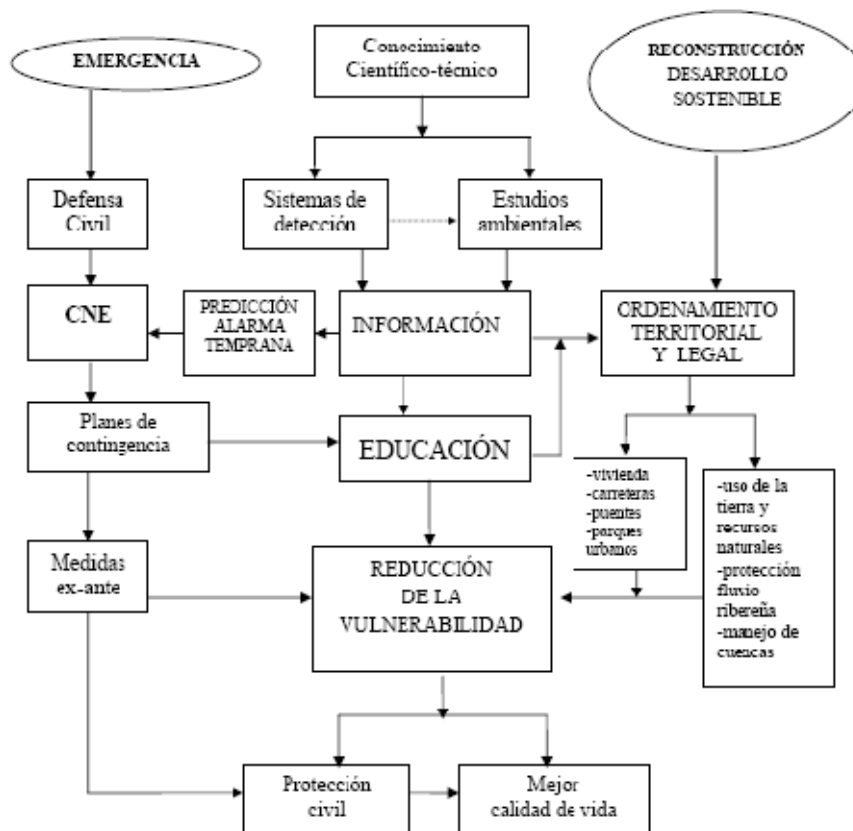


Figura 2.49. Encadenamiento positivo de procesos de información, reacción y desarrollo para la reducción de la vulnerabilidad y potenciación del desarrollo sostenible
Fuente : (UN/CEPAL, 2004)

En este sentido el CEPAL prioriza las acciones de planificación urbana y ordenación territorial, la restauración ambiental basadas en el uso racional y respetuoso del entorno y el cumplimiento de las leyes naturales (ver Figura 2.49). De igual forma, señala el hecho de que para lograr dichos objetivos es preciso información que se obtiene por la investigación científica y las actuaciones de control territorial, así como de forma paralela una actuación continua de educación para el conocimiento adecuado de los fenómenos naturales.

Ayala Carcedo señala que el estudio de las catástrofes naturales o tecnológicas evidencia que el uso inadecuado del territorio es un factor decisivo en la mitigación de las catástrofes (AYALA CARCEDO, 2000). Algunos ejemplos son la inundación de Biescas (camping en cono de deyección en un torrente del río Gállego), deslizamiento y flujos de lodo en Sarno, Italia (zonas urbanas junto a bosques deforestados), explosión en Tarragona (transporte de GLP junto a un Camping), etc.

La estrategia de Hyogo (UNITED NATIONS. ISDR, 2007) subraya que el enfoque territorial en el análisis del riesgo es una de las claves para la planificación y el aseguramiento de la sostenibilidad y el cumplimiento de los objetivos del desarrollo del milenio.

Mansourian y Rajabifard remarcan que los desastres de tipo natural, tecnológico o derivados de la actividad humana pueden provocar daños importantes sobre el territorio que afectan directamente sobre los pilares básicos del desarrollo sostenible; sociedad, economía y medioambiente. Por ello, la gestión de los desastres en el marco del desarrollo sostenible es considerada una necesidad (MANSOURIAN, RAJABIFARD, et al., 2004).

Bosque Sendra señala la relevancia social de la investigación en el campo del análisis de la vulnerabilidad con notables oportunidades en Ordenación del Territorio. (BOSQUE SENDRA, DIAZ CASTILLO, et al., 2004)

Una cuestión relevante que ha sido remarcada por algunos autores es que los planificadores urbanos, de grandes áreas metropolitanas no están considerando de forma adecuada los riesgos y vulnerabilidades en la implementación de sus planes y proyectos. Hay una percepción generalizada de asimilar los riesgos naturales a zonas rurales y no puede olvidarse que la mayor parte de la población del planeta vive concentrada en ciudades. (BULL-KAMANGA, DIAGNE, et al., 2003).

Olcina Cantos (OLCINA CANTOS, 2006) destaca el papel de la planificación municipal como base para la consideración de los riesgos en el planeamiento. En particular, justifica la importancia de la memoria informativa de los instrumentos de planeamiento como una de los documentos claves para el diagnóstico de los peligros y vulnerabilidades del territorio y como base para una asignación racional de los usos del suelo. Olcina apunta (OLCINA CANTOS, 2002) a la ordenación del territorio como el proceso más eficaz para la reducción de la vulnerabilidad y exposición ante los peligros naturales. Asimismo, alerta de que el ritmo de ocupación del espacio geográfico, el proceso de urbanización del suelo, el incremento de la población suele ir por delante de las políticas de ordenación racional del territorio. Por lo que el riesgo, en lugar de reducirse aumenta, no tanto por el incremento de la peligrosidad, sino por el aumento de la vulnerabilidad y exposición.

Calvo justifica que el riesgo natural es producto exclusivo de la vulnerabilidad social cuando se producen desajustes en el sistema natural y las condiciones de ocupación y explotación del

sistema humano en él establecido (CALVO GARCÍA-TORNEL, 2006) . Calvo identifica dos cuestiones clave en la reducción de vulnerabilidades territoriales: la política de asignación de usos al suelo y la política de preservación medioambiental. Asimismo, identifica cuatro aspectos clave de la ordenación del territorio que enfrentan el tratamiento racional de ambas cuestiones:

- La ordenación territorial como impulsora del desarrollo económico.
- La ordenación territorial como promotora de la extensión geográfica del desarrollo
- La ordenación territorial como instrumento de planificación a corto o medio plazo.
- La ordenación territorial acotada por una estructura político-administrativa.

2.6.7. Sistemas de alerta temprana y vulnerabilidad

Los sistemas de alerta temprana SAT (*Early warning systems*) son un instrumento clave en la reducción de los efectos de los desastres (TRUJILLO 2002). Los SAT tratan de maximizar la probabilidad de que la población sometida a peligros tome acciones antes de que se produzca el desastre. La estrategia para reducción de desastres (<http://www.unisdr.org> [consultada 12.08.2008]) señala que los sistemas de alerta temprana juegan un papel de máxima importancia en la fase de preparación al desastre.

La importancia de los SAT ha sido señalada desde hace unos años por distintos foros internacionales como una de las claves para la reducción de muertes provocadas por los desastres naturales:

- La Conferencia Internacional sobre SAT para la reducción de desastres naturales (EWC'98 Potsdam) subrayó la importancia de la Alerta Temprana como un elemento de las estrategias nacionales e internacionales de prevención.
- La Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible (Johannesburgo, 2002) hizo un llamamiento para el desarrollo y fortalecimiento de los sistemas y redes de alerta temprana en la políticas y planes de desarrollo sostenible (EIRD).
- La Segunda Conferencia Internacional sobre Alerta Temprana (EWCII'2003 Bonn) utilizó el subtítulo “Integrar la alerta temprana en la políticas públicas “y aportó el marco para el Programa Internacional de Alerta Temprana.
- En 2004 se establece en Bonn la Plataforma para la Promoción de la Alerta Temprana por parte de la Secretaría de la EIRD y respaldo del gobierno Alemán.
- La adopción del “Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015: aumento de la resiliencia de las naciones y comunidades ante los desastres”, remarcó la importancia de conocer los riesgos y potenciar la alerta temprana para reducir los desastres. Asimismo propone promover el desarrollo de estos sistemas de alerta “centrados en la gente”.

Los sistemas de alerta deben incorporar cuatro componentes:

- Conocimiento de los peligros que afectan a las comunidades.
- Control técnico y sistemas de alerta de dichos riesgos (medición y monitorización).
Deben estar basados en conocimientos científicos tendentes a la elaboración de

pronósticos y/o predicciones. Debe facilitar un control continuo de diversos parámetros relacionados con los posibles peligros, así como la detección de precursores.

- Mecanismos de comunicación y diseminación de la alerta entre aquellos que están afectados por el riesgo. Debe asegurarse que las alertas lleguen a las personas expuestas. Las llamadas de alerta deben ser claras, comprensibles y que lleven a la acción.
- Conocimiento de la gente de cómo reaccionar y capacidad para hacerlo (capacidad de respuesta). Por ello es preciso que existan planes y procedimientos adecuados.

La figura 2.50 ilustra dichos componentes de forma simplificada y de forma especial el papel que juegan los medios de comunicación en transmitir la alerta a la población.

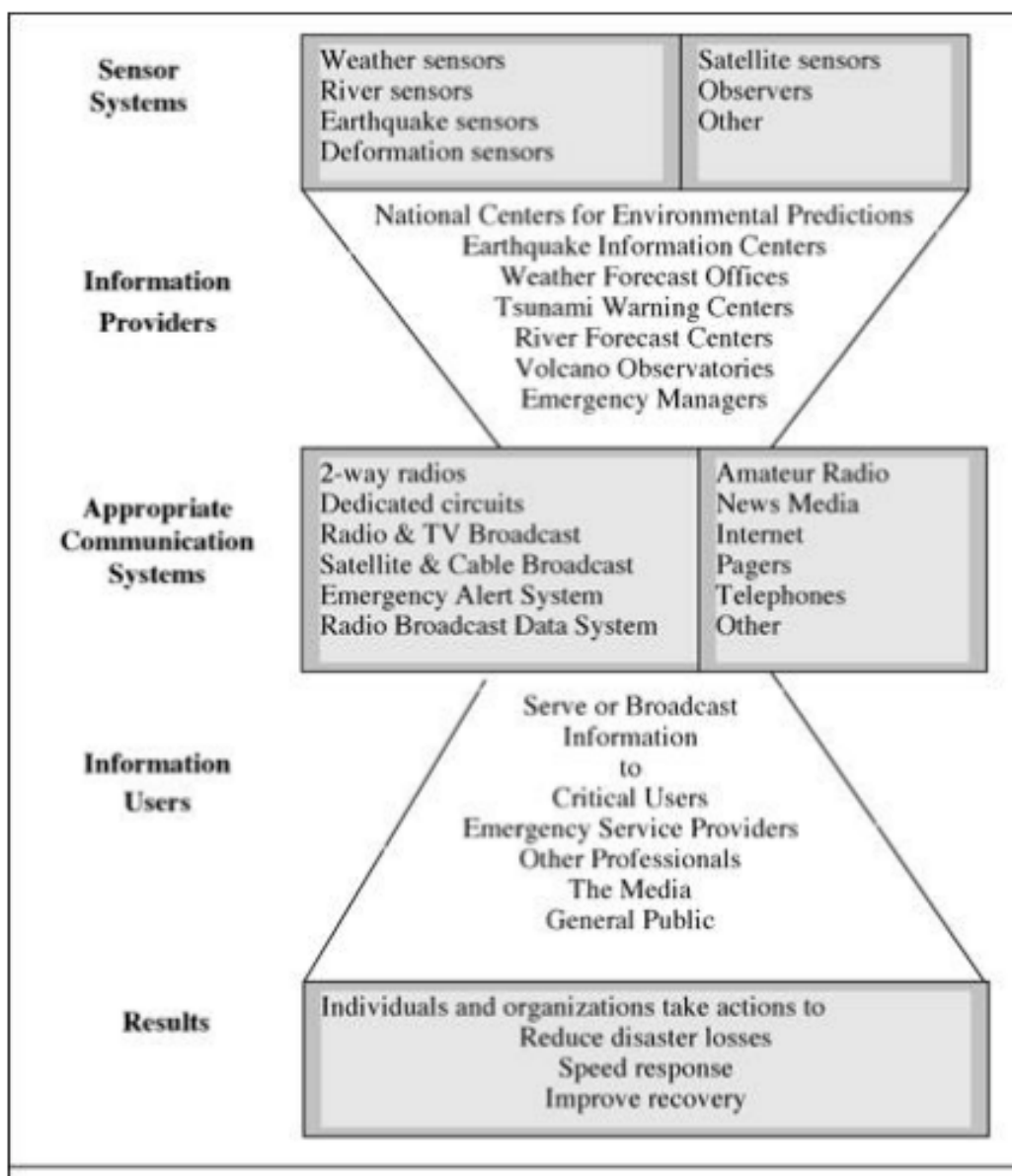


Figura 2.50. Componentes de un sistema de alerta temprana
Fuente : (SUBCOMMITTEE ON NATURAL DISASTER REDUCTION, 2000)

Las tecnologías de la información y las comunicaciones proporcionan excelentes recursos para la implementación de sistemas de alerta temprana. Por ello, aquellas regiones que cuentan con mayor capacidad tecnológica son menos vulnerables frente a las catástrofes.

Los SAT suelen establecer un sistema de alerta de la población basado en una escala simple (Semáforo Emergencia) que procura un máximo entendimiento por parte de la población afectada de la situación en la que se encuentran (Figura 2.51).



Figura 2.51. Sistema Alerta Temprana para Ciclones Tropicales. Niveles de Alerta
Fuente : (SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN. PROTECCIÓN CIVIL MEXICO, 2006)

Billa (BILLA, MANSOR, et al., 2004) sugiere un método de alerta temprana para las inundaciones basado en tecnologías de la información geográfica (SIG y Teledetección) y modelos predictivos para una región de Malaysia (*Langat river basin*).

Uno de los Sistema de Alerta Temprana en funcionamiento que presta sus servicios a los países de centro América es el SATCA impulsado por el Programa Mundial de Alimentos de las Naciones Unidas (<http://www.satcaweb.org/alertatemprana/tsunami/>, [consultado 3.09.2008]). El sistema cuenta con un portal Web de acceso que ofrece información actualizada sobre los principales peligros de la zona: inundaciones, huracanes, terremotos, volcanes, tsunamis, meteorología extrema, etc.

Los SAT constituyen un elemento fundamental para la reducción de la vulnerabilidad territorial basado en estrategias de preparación frente a la catástrofe. Las poblaciones que cuentan con sistemas de alerta funcionales pueden hacer frente de forma más eficaz a algunas catástrofes (*coping capacity*). La implantación de SAT temprana requiere de infraestructuras tecnológicas

costosas lo cual en muchos países no es viable, por lo que es un tipo de actuación adecuada para ser implantada por proyectos de ayuda internacional.

En territorios en los que convergen diversos peligros es preciso que dispongan de SAT para cada uno de ellos. Otro factor crítico, además del tecnológico, es la percepción de la población del peligro y el reconocimiento de lo SAT como claves para su supervivencia. Ocurre en ocasiones que a pesar de la recomendación de evacuar una zona, la población no responde adecuadamente.

2.7. Desastres y vulnerabilidad

Un desastre (del latín “*astrum dius*” – mala estrella) es un evento que provoca una transferencia de energía física del medio natural al medio socioeconómico que es incapaz de absorberla convenientemente provocando efectos destructivos. El desastre se considera la intersección entre un evento peligroso, los elementos en riesgo (población, infraestructuras,..) y su vulnerabilidad. Se trata de la materialización del riesgo, de la eliminación de su incertidumbre dando lugar a su realización efectiva.

Wilches.-Chaux define el desastre según la siguiente expresión: (WILCHES-CHAUX, 199)

$$\begin{aligned} \text{Desastre} &= \text{Riesgo} \times \text{Vulnerabilidad} \\ \text{Desastre} &= \text{Riesgo} \times \text{Vulnerabilidad} / \text{Preparación} \end{aligned}$$

Si acudimos a una de las formulaciones clásicas del riesgo:

$$R = P \times V \times E$$

(R: Riesgo; P: Peligro, V: Vulnerabilidad, E: Exposición)

El desastre se produce en el momento en que el peligro, expresado en porcentaje es del 100%. En este caso, el desastre se expresa en forma de pérdidas o daños:

$$\text{Daños} = V \times E$$

Martín Cantera (MARTIN CANTERA, 2002) señala con detalle a la vulnerabilidad como el elemento que transforma una catástrofe en desastre :

$$\text{Desastre} = \text{Vulnerabilidad} + \text{Catástrofe}$$

Define a la vulnerabilidad como “*el contexto propiciatorio, el caldo de cultivo en el que el virus de la catástrofe puede desencadenar la enfermedad del desastre en aquel cuerpo que carezca de una capacidad de resistencia suficiente*”. pp. 1218.

Alexander para representar el impacto de un desastre propone la siguiente expresión:

$$I = B - \sum i (H.V) - C - M$$

Siendo I: impacto humano neto del desastre, B: riqueza de los habitantes de la zona en riesgo, i: número de elementos, H: Peligro, V: vulnerabilidad, C: costes o daños provocados por la pérdida, M: adaptación al peligro y consecuencias de su mitigación.

Normalmente, bajos niveles de percepción del riesgo se relacionan con bajos niveles de mitigación y alto grado de vulnerabilidad.

Para Lavel (LAVELL, 2003) un desastre es una situación o proceso social que se desencadena como resultado de la manifestación de un fenómeno de origen natural, socio-natural o antrópico que, al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en una población y en su estructura productiva e infraestructura, causa alteraciones intensas, graves y extendidas en las condiciones normales de funcionamiento del país, región, zona o comunidad afectada, las cuales, en muchos casos, no pueden ser enfrentadas o resueltas de manera autónoma utilizando los recursos disponibles a la unidad social directamente afectada. Estas alteraciones están representadas de forma diversa y diferenciada, entre otras cosas, por la pérdida de vida y salud de la población; la destrucción, pérdida o inutilización total o parcial de bienes de la colectividad y de los individuos, así como daños severos en el ambiente; requiriendo de una respuesta inmediata de las autoridades y de la población para atender a los afectados y restablecer umbrales aceptables de bienestar y oportunidades de vida.

Cardona, define el desastre como *un evento o suceso que ocurre, en la mayoría de los casos, de forma repentina e inesperada, causando sobre los elementos sometidos alternaciones intensas representadas en la pérdida de vida y salud de la población, la destrucción o pérdida de los bienes de una colectividad y/o daños severos sobre el medio ambiente.* , pp. 45)

Ray Bennet (RAY-BENNET, 2007) apunta que hay dos tipo de definiciones de desastre. La definición dominante, que es la más convencional, que entiende el desastre como un accidente provocado por los peligros naturales, de ocurrencia inevitable, dado un ambiente que es físicamente vulnerable. La población debe protegerse de los riesgos ambientales los cuales pueden no tener una relación directa con la vulnerabilidad de las comunidades. La definición alternativa intenta explicar los diferentes efectos de los peligros en las estructuras físicas, la gente, sus actividades económicas y las relaciones sociales. Ray Bennet señala que sin llegar a quitarle un factor de incertidumbre al peligro y sus consecuencias, los sistemas sociales condicionan en parte los efectos del desastre.

Según su origen, los desastres se dividen en dos grupos: desastres naturales (tormentas, huracanes, inundaciones, terremotos, erupciones volcánicas, maremotos, deslizamientos, etc.) y desastres antrópicos (incendios, explosiones, derrames petroleros, etc.).

Green (GREEN III & MCGINNIS , 2002)realiza un análisis de las diversas clasificaciones sobre desastres y propone una nueva clasificación en tres niveles (Tabla 2.32):

Class	Distinguishing Characteristics
Natural Disaster	any event which reaches the definition of a disaster, which results from natural forces, and in which human intervention is not the primary causation of those forces
Human Systems Failure	any event which reaches the definition of a disaster and which results from significant human failure in any portion of a systems definition of the event, including input, process, and output – this may include events which wholly involve the built environment or which initiate events that are otherwise natural in their action
Conflict Based Disaster	any event which reaches the definition of a disaster and which results from internal conflict within a nation or external conflict directed at it, including not only the obvious threats of war, revolution, and terrorism, but also politically, racially, or economically based civil disorder, as well as internal state sponsored terrorism, genocide, and ethnic cleansing

Tabla 2.32. Clasificación de desastres
Fuente : (GREEN III & MCGINNIS, 2002)

En este trabajo nos vamos a centrar en el estudio de la primera clase, los desastres naturales. A este respecto Shaluf (SHALUF, 2007) realiza una clasificación de los mismos en los siguientes grupos (Figura 2.52):

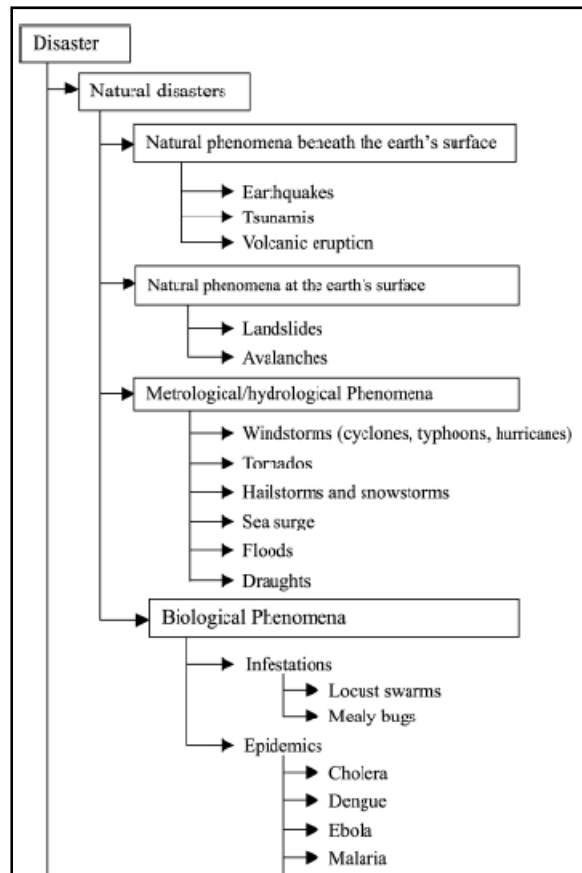


Figura 2.52. Clasificación Desastres Naturales
Fuente : (SHALUF, 2007)

En el año 2007 CRED, Munich Re, Swiss RE, ADRC y UNDP trabajaron conjuntamente en la iniciativa “*Disaster Category Classification for operational Database*” (SCHEUREN, LE POLAIN DE WAROUX, et al., 2008) . El principal objetivo de este trabajo es estandarizar un modelo de registro de catástrofes que permita su intercambio y la comparación de datos para desarrollar una clasificación internacional de desastres.

La clasificación de EM-dat de desastres distingue los tipos de desastres naturales que se ilustran en la figura 2.53.

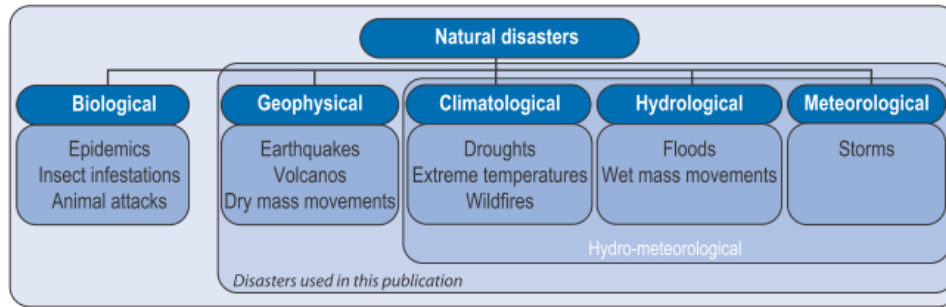


Figura 2.53. Tipos de desastres naturales

Fuente : (SCHEUREN, LE POLAIN DE WAROUX, et al., 2008, pp.4).

El proceso por el cual un evento natural se transforma en desastre tiene mucho que ver con el modelo de desarrollo de las poblaciones sobre el territorio, es decir, de su vulnerabilidad: territorio vulnerable (pobre, fuertemente poblado) y bajo amenazas naturales es sinónimo de desastre natural.

Tal y como señala Blaikie, muchos desastres son una mezcla compleja de amenazas naturales y acciones humanas. Se sostienen que el entorno social, político y económico es tanto una causa de desastres como lo es el medio ambiente natural. (BLAIKIE, Piers, et al. ,1996).

Los términos desastre y catástrofe no están suficientemente delimitados conceptualmente al igual que sucede con otros conceptos relativos al riesgo como vulnerabilidad o resiliencia. Catástrofe proviene del griego “*kata*” (debajo) y “*stroe*” (volverse) y hace referencia al desenlace dramático de una tragedia. (FERNANDEZ GARRIDO 2006). En este texto no vamos a diferenciar ambos conceptos.

Alonso (ALONSO CLIMENT, 2002) coincide en señalar la vulnerabilidad como el principal agente de ocurrencia e intensidad de las catástrofes. Incluso denota lo inapropiado de calificar a las catástrofes de ‘naturales’ (“*expresión oportunista que obvia el conflicto social origen del desastre y fomenta una cultura de resignación*” pp.11.) Alonso utiliza el término de “mal desarrollo” como la causa principal de las catástrofes especialmente en el tercer mundo.

O’Keefe en un artículo de la revista Nature de 1976 (O’KEEFE & WISNER, 1976) proponía el peligro como un proceso natural y un peligro natural como desastre. Argumentaba que los peligros son naturales, pero en general los desastres no lo son, ni deberían ser vistos como un

resultado inevitable de los peligros. En realidad se trata de las condiciones de la población y sus actividades lo que convierte un evento natural en un desastre.

En el estudio de las causas y consecuencias de las catástrofes naturales intervienen una amplia serie de factores ambientales naturales y antrópicos. En cada tipo de catástrofe (inundaciones, avalanchas, erupciones volcánicas, seísmos, huracanes, etc.) intervienen factores ambientales diversos que deben ser analizados por especialistas en esas materias (hidrólogos, geólogos, sismólogos, meteorólogos, etc.).

El pronóstico de las catástrofes requiere calcular cuándo ocurrirá el evento, en qué localización, qué intensidad. . Ello variará en función del tipo de catástrofe. Algunos no pueden ser evitados (erupciones volcánicas, seísmos), en otros, como avalanchas, deslizamientos, inundaciones, es más fácil pronosticar dónde se producirán. Asimismo, los eventos catastróficos pueden estar relacionados por enlaces causales. Por ejemplo, los seísmos graves y lluvias torrenciales generan avalanchas, los movimientos masivos de tierras o flujos de lava pueden provocar inundaciones al represar los cursos de agua...

Cardona (CARDONA, 2007) apunta que los desastres son eventos socioambientales y que su reducción debe hacerse en la reconstrucción postdesastre, pero también en la formulación de políticas públicas y en la planificación del desarrollo.

La comunidad científica internacional identifica tres factores en el incremento de los efectos de los desastres, población y crecimiento económico, envejecimiento de la infraestructura y cambio climático. Existe una tendencia al crecimiento de la población y la concentración de recursos económicos en áreas particularmente expuestas a los peligros naturales como son las regiones costeras.

El umbral de consideración de un evento natural en catástrofe es variado. Algunos autores defienden un enfoque economicista que consideran catastróficos aquellos eventos que provocan pérdidas económicas cuantiosas, mientras que para otros, el factor crítico es el número de víctimas mortales que producen.

2.7.1. Inventarios de desastres para el análisis de la vulnerabilidad y la evaluación de daños.

En la actualidad se empieza a prestar importancia al registro y análisis de las catástrofes y la evaluación de sus consecuencias. Existe un creciente interés por caracterizar los países en función de los peligros a los que están expuestos y por los desastres que padecen. El conocimiento de los peligros y la frecuencia de desastres permiten desarrollar estrategias de mitigación de desastres como sistemas de alerta temprana en países que presentan más riesgos.

Alexander (ALEXANDER, 1997) señala que tradicionalmente los principales elementos que han servido para clasificar los desastres han sido los siguientes:

- Número de muertes.
- Valor de los daños y las pérdidas.
- Impacto en el sistema social.
- Definiciones geofísicas (magnitud sísmica, etc.).

En la actualidad concurren diversas iniciativas de carácter internacional de inventario y registro de catástrofes naturales. Éstas se basan normalmente en el mantenimiento de una base de datos que contiene un conjunto de atributos relativos a las catástrofes que incluyen datos del evento (localización, magnitud, fecha y hora del evento, etc.), así como información sobre los daños y pérdidas que provocó. En ocasiones, a partir de la información almacenada se generan indicadores e índices que permiten comparar las catástrofes y evaluar su frecuencia y efectos por tipología de evento o ámbitos geográficos.

Dichas bases de datos son una fuente de información de singular importancia para la evaluación de daños y el estudio de la vulnerabilidad territorial. El registro sistemático de desastres permite realizar comparaciones entre países, por tipologías de desastres, así como relacionar ayuda a identificar las causas de los desastres.

Entre las bases de datos sobre desastres, cabe destacar la BD EMDAT y la Base DesInventar, las cuales se han convertido en las bases de datos de referencia en América Latina, para el análisis de riesgos y desastres, y el sistema NEDIES y la BD NatCatService de Munich Re y SIGMA, desarrolladas en Europa.

La Emergency Events Database (**BD EMDAT**) (<http://www.em-dat.net/>) [visitada 11.05.2008] fue creada en 1988 en la Université Catholique de Louvain, por personal del WHO Collaborating Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED). A partir de 1999 se inicia una colaboración con Office of U.S Foreign Disaster Assistance (OFDA), para completar la base de datos y validar su contenido.

El objetivo principal de la base de datos es servir los propósitos de acción humanitaria a nivel nacional e internacional. Es una iniciativa cuyo objetivo es racionalizar la toma de decisiones para la preparación del desastre, así como proporcionar una base objetiva para la evaluación de la vulnerabilidad y la definición de prioridades.

La base de datos almacena información de cerca de 16.000 desastres que se han producido en el mundo desde el año 1.900 hasta la actualidad. La información se compila desde varias fuentes: agencias de Naciones Unidas, organizaciones no gubernamentales, compañías de seguros, institutos de investigación y agencias de prensa, etc.

Para que un desastre se incorpore a la base de datos debe cumplir los siguientes criterios:

- Provocar más de 10 muertes.
- Mínimo de 100 personas afectadas.
- Declaración del estado de emergencia.
- Solicitud de ayuda internacional.

Los atributos almacenados son los siguientes: país, grupo de desastre (natural, tecnológico, emergencia compleja), tipo de desastre (descripción del mismo), fecha, n° muertos, n° heridos, evacuados, afectados, total afectados (heridos, evacuados y afectados), daño estimado en dólares (no existe una metodología estandarizada en la evaluación de pérdidas) (Figura 2.54).

Disaster Type	Number	Simple %
Earthquake (seismic activity)	1	0.88
Epidemic	4	3.51
Extreme temperature	23	20.18
Flood	36	31.58
Mass movement wet	4	3.51
Storm	44	38.60
Wildfire	2	1.75
100.00	114	TOTAL

Created on: Sep-28-2008. - Data version: v12.07

Source: "EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database

www.em-dat.net - Université Catholique de Louvain - Brussels - Belgium"

Figura 2.54. Desastres en Europa Occidental de 2000 a 2008 por tipología

Fuente : http://www.emdat.be/Database/AdvanceSearch/emdat_chooser.php

Numerosos estudios sobre el impacto de los desastres se basan en la explotación de la base de datos EM DAT ((ISDR & WORLD BANK, 2007); (DILLEY, CHEN, et al.,2005). El extraordinario uso que se viene dando a esta base de datos en la interpretación de las causas y la evaluación de las consecuencias de los desastres constata la importancia y transcendencia de las tareas de evaluación de daños postcatástrofe.

La **BD Desinventar** (<http://www.desinventar.org/desinventar.html>, [visitada 11.05.2008]) fue creada en 1994, a partir de la metodología DesInventar desarrollada por La Red (Red Latinoamericana de Estudios Sociales en Prevención de Desastres), la cual permite llevar y gestionar un registro ordenado y homogéneo de la información existente sobre desastres.

DesInventar, administrada por una coalición de actores no gubernamentales, funciona en 17 países de América Latina y en el Caribe. Además, en Estados de Brasil, Colombia, Estados Unidos, India y Sudáfrica, existen bases de datos subnacionales que utilizan versiones adaptadas de la metodología de dicha base de datos. DesInventar se especializa en el inventario de las pérdidas ocasionadas por los desastres a escala local y presenta los desastres nacionales a través de datos sobre esas pérdidas. Recolecta datos sobre pérdidas humanas y económicas, pero las cifras relativas a los damnificados tienden a ser más altas que las de otras bases de datos. Los medios de comunicación son una fuente primordial de DesInventar, pero la fiabilidad de la cuantificación de pérdidas que hace la prensa es cuestionable. Uno de los objetivos de DesInventar es recabar información sobre las consecuencias secundarias y las pérdidas relativas a la infraestructura, pero rara vez dispone de esa información.

Los criterios básicos sobre los que se rige DesInventar son:

- Todos los inventarios cuentan con las mismas variables para medir efectos, y con una clasificación básica y homogénea de eventos.
- La información acopiada y procesada se ingresa en la escala del tiempo y a un nivel espacial georreferenciado.
- Los inventarios son tratados analíticamente, mediante herramientas de sistemas, como requisito básico para obtener visiones espaciales y temporales de la ocurrencia de desastres, para el apoyo de investigaciones comparativas y como soporte para la gestión de riesgos.

En DesInventar se incluyen los eventos catastróficos aunque sus daños no superen un determinado número de muertos y/o damnificados.

Los atributos que se registran de los eventos son los siguientes (Figura 2.55) :

- Latitud, Longitud
- Autor, fecha creación, fecha actualización
- Fecha inicio
- Evento
- Geografía
- Sitio (Población)
- Fuentes
- Observaciones de efectos
- Muertos, desaparecidos, heridos-enfermos, damnificados, afectados, evacuados, reubicados
- Viviendas destruidas, viviendas afectadas
- Cultivos y bosques (Ha), vías afectadas (m), centros educación, centros hospitalarios,
- Ganado
- Valor pérdidas, valor pérdidas (us\$)
- Otras pérdidas
- Transporte, comunicaciones, instalaciones de socorro, agropecuario,
- Acueducto, alcantarillado, educación, energía, industrias, salud, otros,
- Duración,
- Magnitud
- Causa, Observaciones causas

Páginas: 1 de 46 Reportes: 451

Fila	Serial	Fecha Inicio	Evento	Geografía	Sitio	Fuentes	Observaciones de efectos	Muertos	Desaparecidos	Heridos, enfermos	Damnificados	#
1	1970-1	1970-01-07	Incendio	GUAYAS/GUAYAQUIL	PADRE SOLANO	DIARIO EL UNIVERSO	EL INCENDIO SE ORIGINO POR CORTOCIRCUITO.	0	0	2		<input checked="" type="checkbox"/>
2	1970-2	1970-01-09	Accidente de tránsito	GUAYAS/BALAO	ISLA PUNA Y BALAO	DIARIO EL UNIVERSO	SE DESCONOCEN LAS CAUSAS DEL ACCIDENTE.	3	34	0	0	
3	1970-3	1970-01-13	Epidemia	AZUAY/CUENCA	POBLACION DE CUMBE	DIARIO EL UNIVERSO	LA INTOXICACION PROVOCO EL CONSUMO DE ALIMENTOS DESCOMPUESTOS.	3	0	25	0	

Figura 2.55. Base de Datos Desinventar. Detalle ficha de desastres históricos en Ecuador

Fuente : <http://online.desinventar.org/> [10.09.2008]

NEDIES (Natural and Environmental Disaster Information Exchange System) es un proyecto de la Comisión Europea desarrollado en el marco del programa del DG Joint Research Centre Institucional “Seguridad y gestión de la emergencia para riesgos antrópicos y naturales” dirigido

a dar soporte a la políticas de la Unión Europea, principalmente aquellas de Protección Civil y Emergencias Medioambientales de la DG de Medioambiente, en el área de prevención, mitigación y gestión de los riesgos naturales y accidentes tecnológicos.

Sus principales objetivos son:

- Proporcionar información actualizada acerca de la incidencia de desastres y accidentes y de su gestión a la Comisión Europea.
- Proporcionar a los Servicios de Protección Civil de los estados miembros de la Unión Europea información validada acerca de desastres y accidentes, sus principales consecuencias, así como métodos y técnicas relevantes para la prevención de desastres, la preparación y la respuesta.
- Constituir una plataforma interdisciplinar para el dialogo y facilitar el intercambio de información entre los actores implicados en la gestión de desastres y accidentes.
- Proteger a los ciudadanos de desastres y accidentes a través de la diseminación de información útil para facilitar su protección.
- Constituir un repositorio común europeo de las lecciones aprendidas de los desastres, con especial atención en la mitigación de las consecuencias de los desastres.

En el marco de este proyecto se ha generado una base de datos propia de eventos catastróficos, alimentada por la información que es incorporada a la misma a través de formularios y que puede ser consultada desde la página web del proyecto (<http://nedies.jrc.it>, [visitada 11.05.2008])

Los atributos que se almacenan de los desastres son los siguientes (Tabla 2.33):

- Tipo de desastre
- Fecha de inicio
- Duración
- Localización afectada
- NUTS3 (país, región,)
- Consecuencias a las personas : Muertos, damnificados, homeless, evacuados
- Pérdidas económicas : Pérdidas material, coste acciones respuesta
- Predicciones realizadas
- Medidas de preparación
- Medidas de respuestas
- Fecha de compilación
- Nombre del compilador

Flood - 9 October 2000 - England, Wales (United Kingdom)	
ID	275
Disaster type	Flood
Starting date	9 October 2000
Duration	N/a
Location(s) involved	England, Wales
Other country(ies)	Country(ies) : United Kingdom Region(s) :
Consequences to persons	Fatalities: 0 Injured: _N.A. (new value:0) Homeless: _N.A. (new value:5000) Evacuated: 11000
Economic losses (Euro)	Material losses: _N.A. Response actions: _N.A.
Prediction made	No prediction was made for this disaster
Prevention measures	No risk assessment, Land use planning and the consent of new construction are the responsibility of local government. The Environment Agency is a statutory consultee in all planning matters within the floodplain, however local government may decide that the Agency's comments are less significant than other factors and hence disregard them. , N/afor this disaster
Preparedness measures	A flood warning service is currently provided to around 840,000 properties.The Environment Agency issued 190 Severe Flood Warnings during the period.The 'Floodline' telephone service provided callers with information.Where specific flood response plans existed, and where they had been exercised in advance, they worked well.
Response measures	In general there was an effective and efficient response to the flooding, including input from local government, emergency services, the Environment Agency, utility companies, the army and voluntary organisations.
Date of compilation	17 June 2003
Name of compiler	utilities SUPERUSER
Other compiler(s)	Fraser A. Whitinn M.

Tabla 2.33. Base de Datos Nedies. Ficha de Inundación en Gales. UK

Fuente : http://nedies.jrc.it/index.asp?result=2&ID_Disaster=275&idm=33 [12.09.2008]

La Base de Datos **NatCatService** ha sido desarrollada por la empresa aseguradora alemana Munich Reinsurance Company, también conocida como Munich Re.(http://www.munichre.com/publications/302-03901_en.pdf , [visitada 11.05.2008]) . NatCast SERVICE (<http://mrnathan.munichre.com/> [vistada 11.05.2008]) es una de las mayores bases de datos globales sobre catástrofes naturales. Su base de datos incluye un total de 25.000 catástrofes naturales mundiales (MUNICH RE GROUP, 2008) a las que se añaden un total de 800 anuales. Es un proyecto mantenido por el Munich Re's Geo Risks Research.

Munich Re's Geo Risks Research Department, ha estado recogiendo sistemáticamente información sobre riesgos naturales y catástrofes alrededor del mundo durante más de 30 años. Esta información incluye la localización del evento, fecha y duración y una breve descripción de los mismos. Igualmente, se ha compilado información relevante que da una aproximación rápida a la magnitud de la catástrofe (Figura 2.56).

Algunas veces, los daños o la destrucción de edificios, los efectos sobre las infraestructuras, los daños sobre infraestructuras o en la agricultura u otra información también se incluyen. Los efectos sobre la población, incluyendo muertos, heridos, pérdida del hogar y personas desaparecidas también se incluyen. Finalmente, las pérdidas económicas y bienes asegurados también se registran. Estos datos son cruciales para el análisis de tendencias en la industria aseguradora.

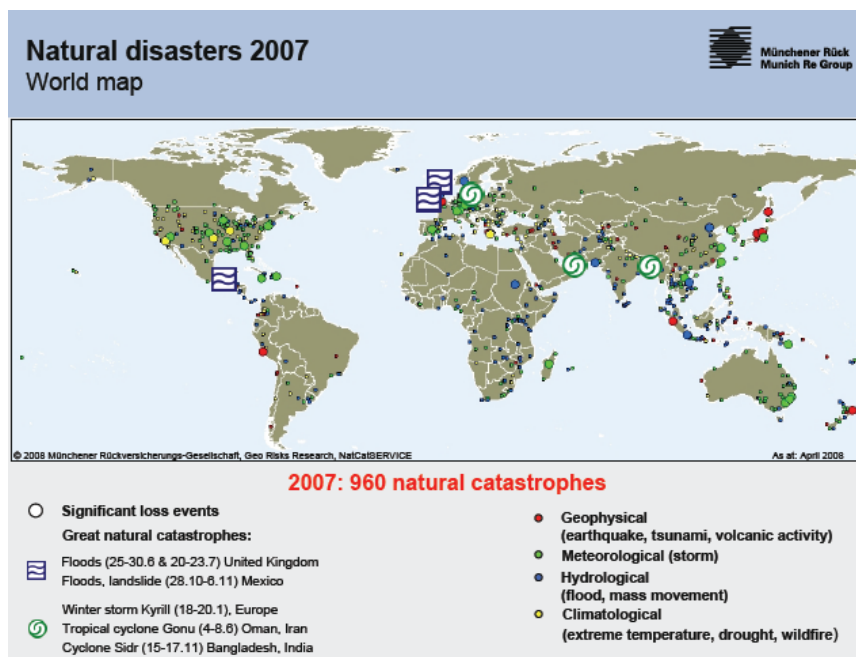


Figura 2.56. Desastres Naturales 2007.

Fuente : NatCatSERVICE

http://www.munichre.com/app_resources/pdf/ts/geo_risks/natcatservice/annual_statistics/2007/MRNatCatSERVICE_Natural_Disasters_worldmap_en.pdf

Existen otras iniciativas de registro de catástrofes de uso menos extendido pero también de gran utilidad:

- **SIGMA**. Mantenido por Swiss Reinsurance Company (<http://www.swissre.com/> [consulta 18.10.2008]). Incluye un registro de desastres naturales de tipo global. Funciona desde 1970 e incorpora aproximadamente unos 7.000 registros. Los criterios de inclusión de los desastres son más estrictos que en otras bases de datos: 20 o más muertes, 50 o más heridos, 2000 evacuados, pérdidas aseguradas superiores a 14 millones de dólares (marinas), 28 millones (aviación) o 35 millones (otras).
- **ADRC: GLIDE** (<http://www.glidenumber.net/> [consulta 5.09.2008]). Se trata de un proyecto del Asian Disaster Reduction Center (ADRC) en colaboración con ISDR, CRED, UNDP, IFRC, FAO, World Bank, etc. Su objetivo es la asignación de un número (Glide number) a cada desastre de forma genérica de tal modo que, independientemente de la base de datos que se incorpore, se mantendrá dicho número. La base de datos Glide comprende información sobre fecha, duración del evento, localización, magnitud, descripción de las pérdidas.
- **Asian Disaster Reduction Center (ADRC)**. Mantiene una base de datos de los desastres naturales que se producen en el continente asiático. La información se encuentra en inglés y japonés. (http://www.adrc.or.jp/disaster_information_aca.php , [consulta 5.09.2008]).
- **Australia Emergency Management Australia Disaster Database**. Almacena información de desastres en Australia desde 1922 a la actualidad. : (<http://www.ema.gov.au/ema/emaDisasters.nsf>, [consulta 18.09.2008]).

- **Otras :**

- Sta Lucia Disaster Matrix
(http://www.geocities.com/slunemo/disaster_matrix/history_index.html) [consulta 18.09.2008]
- Canada: Canadian Disaster Database
<http://www.psepc-sppcc.gc.ca/res/em/cdd/search-en.asp> [consulta 18.09.2008]
- United States: SHEL DUS
<http://www.sheldus.org/> [consulta 18.09.2008]
- States: United States Storm and Hazard Database
<http://www.gesource.ac.uk/hazards/usastorms.html> [consulta 18.09.2008]
- United States: National Hazard Statistics
<http://www.nws.noaa.gov/om/hazstats.shtml> [consulta 18.09.2008]
- Philippines: DSWD-dromic
<http://disaster.dswd.gov.ph/> [consulta 18.09.2008]
- South Africa: MANDISA Database
<http://www.egs.uct.ac.za/dimp> [consulta 18.09.2008]
- UNDP/NSET: Nepal
<http://undp.desinventar.net/DesInventar/index.jsp> [consulta 18.09.2008]
- UNDP: Sri Lanka
<http://undp.desinventar.net/DesInventar/index.jsp> [consulta 18.09.2008]
- UNDP: Orissa
<http://undp.desinventar.net/DesInventar/index.jsp> [consulta 18.09.2008]
- Earthquake: USGS database
<http://earthquake.usgs.gov/> [consulta 18.09.2008]
- Floods: DFO database
<http://www.dartmouth.edu/~floods/Archives/index.html> [consulta 18.09.2008]
- Flood: Hydrological Information Center
http://www.nws.noaa.gov/oh/hic/flood_stats/index.html [consulta 18.09.2008]
- Tsunami: NGDC
http://www.ngdc.noaa.gov/seg/hazard/tsu_db.shtml [consulta 18.09.2008]

- Proyecto GRIP – Global Risk Identification Programme (<http://www.gripweb.org/> visitado [15.09.2008]). Es un proyecto desarrollado por PNUD que incide sobre uno de los objetivos propuestos en el Plan de Acción de la Cumbre de Hyogo sobre mejora de la información sobre los desastres. El principal objetivo es compilar y mantener actualizada una lista de desastres y sus pérdidas a escala internacional, nacional y subnacional. Se pretende proporcionar acceso on-line a información sobre los daños y pérdidas ocasionadas por los desastres.

Como hemos visto, a pesar de la trascendencia de los desastres desde el punto de vista económico, social y ambiental, la información sobre los mismos es parca. Los inventarios suelen ser de tipo nacional y se mantienen escasos registros sobre los eventos a escala local o regional. Además, los atributos recogidos de las catástrofes también son muy limitados y para que un evento se incorpore a las bases de datos debe superar unos umbrales en ocasiones demasiado exigentes. Por ello, pienso que el verdadero impacto de los desastres se mantiene en muchos casos oculto o simplemente no se evalúa convenientemente. En particular, el registro de eventos de magnitud media y pequeña pueden contribuir decisivamente en la puesta en marcha de acciones de mitigación cuyos efectos podrían ser muy favorables en la reducción de pérdidas. BULL-KAMANGA apunta que es importante el análisis y entendimiento de los eventos

catastróficos a pesar de que su magnitud y consecuencias sean pequeñas, ya que a través de su análisis pueden reducirse el efecto de desastres de mayor magnitud. “*in particular, how identifying and actino on risk from small disasters can reduce risks from larger ones.*”(BULL-KAMANGA, DIAGNE, et al. ,2003, pp. 193).

La georreferenciación en las bases de datos de catástrofes también está poco desarrollada. En las bases de datos mencionadas se incluyen datos de países, y el nombre de algunos emplazamientos, pero no es habitual encontrar cartografía de zonas afectadas.

La reducción de la vulnerabilidad requiere contar con información precisa de los efectos de los eventos catastróficos acontecidos: su localización, sus efectos sobre cada tipo de elementos, si existían o no medidas protectoras, qué medios se habilitaron en la gestión de la emergencia, cuál fue su magnitud, etc. En este sentido la consulta a fuentes históricas ha sido tradicionalmente un método de análisis de los daños producidos por los eventos catastróficos que se utiliza frecuentemente como factor para el cálculo del peligro. Normalmente la información recogida en el análisis histórico se incorpora a la variable *frecuencia*, que se relaciona con una mayor probabilidad de que se produzca el fenómeno. Los medios de comunicación juegan un papel fundamental en la recogida de información sobre los desastres y sus consecuencias, sin embargo no son suficientemente sistemáticos en el sentido de recoger el mismo tipo de informaciones para cada evento y prestarle la misma atención.

El proceso de evaluación de daños postcatástrofe cobra sentido cuando se realiza de forma estructurada y sistemática en un ámbito geográfico. Su práctica da lugar a una base de datos sobre desastres completa y actualizada que servirá de base a estudios de riesgos y vulnerabilidades y fundamentará el desarrollo de estrategias de mitigación efectivas.

2.7.2. Índices del desastre y evaluación de daños

A partir de la información recogida de los desastres se han propuesto la construcción de diversos indicadores e índices sintéticos con objeto de clasificar los países, regiones, provincias en función de su predisposición a padecer desastres.

Omar Cardona (CARDONA, 2007) ha venido desarrollando un programa de evaluación de indicadores de riesgos y desastres en 12 países Latinoamericanos con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) . Los indicadores ayudan a monitorizar la evolución de la capacidad los riesgos en cada país. También permiten comparaciones entre países y son una fuente de información para tomar decisiones acerca de las políticas financiera, económica ambiental y social. Cardona, propone entre otros los siguientes indicadores:

Índice de Déficit por desastre, refleja el riesgo de un país en términos macroeconómicos y financieros. Se relaciona con la pérdida económica que el país analizado podría sufrir cuando se enfrenta a un evento catastrófico y los recursos que se requieren para atender la situación.

$$IDD = \text{Pérdida por el (Evento máximo Considerado)} / \text{Resiliencia económica}$$

La resiliencia económica representa los posibles fondos internos o externos a los que puede acceder el gobierno en el momento de la evaluación, ya que es responsable de la recuperación o propietario de los bienes afectados. Un IDD mayor que 1,0 significa incapacidad económica del país para hacer frente a desastres extremos, aun cuando aumente al máximo su deuda. A mayor IDD, mayor es el déficit (Figura 2.57).

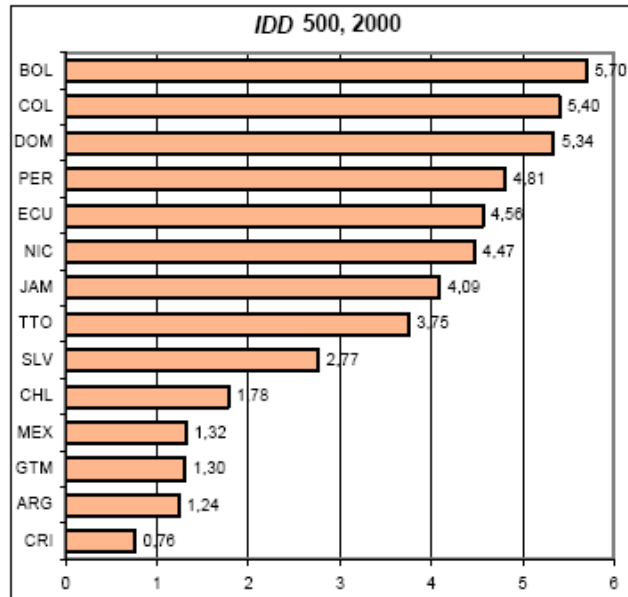


Figura 2.57. Análisis holístico del riesgo: factores de vulnerabilidad
Fuente : (CARDONA , 2007)

Índice de desastres locales (IDL). El objetivo es valorar la propensión de un país a la ocurrencia de desastres menores y el impacto acumulativo que causa este tipo de eventos al desarrollo local.

$$IDL = IDL_{\text{Muertos}} + IDL_{\text{Afectados}} + IDL_{\text{Pérdidas}}$$

La valoración de cada uno de los subíndices se calcula atendiendo a la base de datos de DesInventar (<http://www.desinventar.org>, [consulta 12.09.2008]). Los valores se normalizan por el área de los municipios y el número de municipios. Un mayor índice representa mayor regularidad de la magnitud y la distribución de los efectos entre todos los municipios de un país (Figura 2.58).

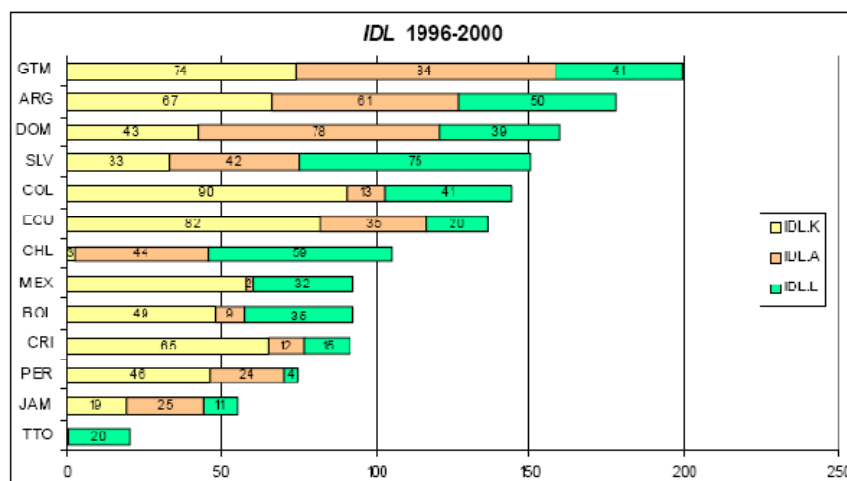


Figura 2.58. Índice de desastres locales
Fuente : (CARDONA ,2007)

Otro indicador de gran difusión es el “*Disaster risk index*”. Constituye el primer instrumento mundial de evaluación de los riesgos frente a desastres naturales. Permite comparar para cada país la vulnerabilidad y la exposición de los seres humanos frente a terremotos, ciclones, inundaciones y sequías. El índice de riesgo de desastre (IRD) ha sido desarrollado por el PNUD con el objeto de “*lograr una mayor comprensión de la relación entre el desarrollo y los riesgos de desastre en el mundo*” (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), 2004) (http://gridca.grid.unep.ch/undp/cntry_profile.php [consultado 15.09.2008]).

El IRD consiste en un método para medir la exposición física a la amenaza, la vulnerabilidad y los riesgos a nivel nacional, basado en el uso de indicadores, que permite el diagnóstico de los países y facilita su análisis comparado. El IRD considera cuatro tipos de amenaza: terremotos, huracanes, ciclones tropicales y sequías. Uno de los principales indicadores del IRD es el número de muertos. El indicador evidencia la vulnerabilidad social de los países ante los desastres. La evaluación del IRD pone de manifiesto que los riesgos de desastres son menores en los países desarrollados. Los países que registran alto desarrollo humano suponen el 15% de la población expuesta, pero sólo sufren el 1,8 por ciento de las muertes originadas por los desastres (Tablas 2.34. / 2.35.)

Terremotos:	130 millones de personas expuestas Países de rápido crecimiento urbano y alta exposición física
Ciclones tropicales:	119 millones de personas Países con grandes extensiones de tierra cultivable y alta exposición física
Inundaciones:	196 millones de personas Países con bajo PIB per cápita, baja densidad demográfica, exposición física
Sequías:	220 millones de personas

Tabla 2.34. Grado exposición de las personas y perfil de los países afectados.
Fuente : (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), 2004). Elaboración propia

Casualties from four hazards (CRED) [killed/year]	13.2	Relatives casualties from four hazards (CRED)
[killed/mio. inh./year]	0.3	Population [inh.] 39'142'933
2. Vulnerability	Human Development Index 0.87	GDP PPP per capita [\$ /inh.] 12'300.9
Improved access to water supply [% of population]	x	Urban population growth rate [% per year] 0.8
Arable land [% of land area]	39.7	Population density in flooded areas [inh/sqkm] 74.5 x = no data

Tabla 2.35. Disaster Risk Index para España

Fuente : (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), 2004).

Dilley (DILLEY, CHEN, et al., 2005) propone el cálculo de tres índices para la evaluación del riesgo de desastre:

- riesgo de mortalidad
- riesgo de pérdidas económicas totales evaluadas por valor global del PIB por unidad de área.
- Riesgo de pérdidas económicas expresadas como una porción del PIB por unidad de área para cada celda.
-

Los índices son calculados en función de la frecuencia esperada de peligro y pérdidas esperadas por evento.

Los indicadores de desastre constituyen un instrumento de gran utilidad para dar apoyo al desarrollo de políticas, planes y programas de reducción del riesgo. La información que proporcionan orienta al planificador sobre el tipo de medidas que debe reforzar y en qué áreas, para contribuir a la reducción de la vulnerabilidad frente a desastres naturales. Cuanto más precisa sea la información desde el punto de vista geográfico mayor nivel de desagregación espacial podrán tener los índices, lo cual favorecerá el diseño de actuaciones más eficaces en la reducción del riesgo.

La evaluación de daños postcatástrofe juega un papel primordial en la generación de información que servirá de base para el desarrollo posterior de indicadores e índices de desastre. A mayor información sobre los eventos, y de sus efectos directos e indirectos más se profundizará en su conocimiento y más precisas podrán ser las actuaciones para reducir sus impactos. Por tanto, de forma complementaria, los índices de desastre ayudan al desarrollo de medidas para la minimización de la vulnerabilidad.

2.8. Gestión de riesgo de desastres, vulnerabilidad

La gestión del riesgo de desastres incluye un conjunto de fases cíclicas que se inician a partir de la irrupción del desastre: respuesta, recuperación, prevención y mitigación, preparación (Figura 2.59).

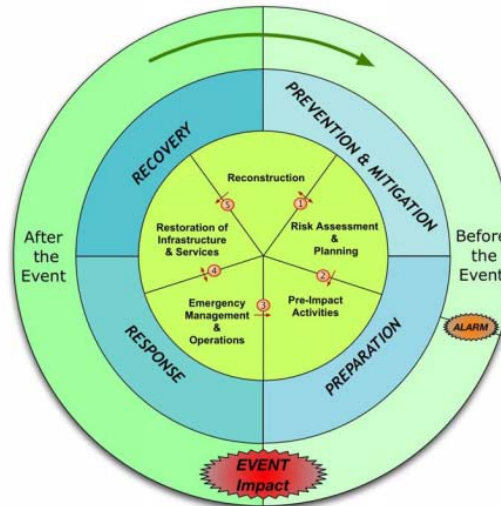


Figura 2.59. Ciclo de la Gestión del Riesgo de Desastre
Fuente : (ORCHESTRA Executive Board , 2005, pp. 13)

La vulnerabilidad juega un papel decisivo en cada una de las fases del desastre:

- Respuesta. El conocimiento de la vulnerabilidad ayuda a planificar las actividades de emergencia y optimizar las actuaciones sobre aspectos más frágiles.
- Recuperación. Las tareas de recuperación deben hacerse optimizando la restauración de infraestructuras de forma prioritaria para colectivos vulnerables y que pueden ser más sensibles a los problemas generados por el desastre. Asimismo, las tareas de reconstrucción deben hacerse incorporando medidas para reducir la vulnerabilidad de los elementos. (p.e. construcción edificios sismorresistentes, aislamientos ignífugos, etc.)
- La fase de prevención y mitigación es propiamente una etapa cuyo objetivo último debe ser la reducción de la vulnerabilidad. Incorporando actuaciones de información a la población, medidas de protección de edificios. Etc. Ayala-Carcedo (AYALA CARCEDO ,2000) señala cuatro estrategias de mitigación o reducción del riesgo: Anti-Peligrosidad, Anti-Exposición, Anti-Vulnerabilidad, Estrategias integradas. Si consideramos la exposición un tipo de vulnerabilidad, básicamente aparecen dos tipos de estrategias: Anti/peligro, Anti/Vulnerabilidad (Figura 2.60).

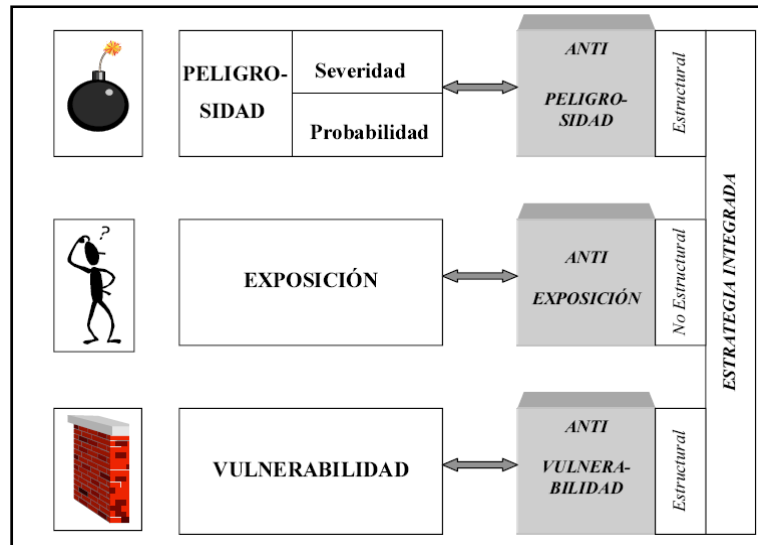


Figura 2.60..Estrategias para la mitigación de riesgos
Fuente : Ayala Carcedo (AYALA CARCEDO, 2000)
<http://age.ieg.csic.es/boletin/30/03.pdf> [Consulta : 14.05.2008]

Para algunos autores el problema de la mitigación de las catástrofes se centra de forma exclusiva en la reducción de la vulnerabilidad, normalmente promoviendo el desarrollo sostenible y mediante el fomento de medidas para incrementar la resistencia de la comunidad a pérdidas y muertes.(WISNER, 2004).

Vargas (VARGAS, 2002) propone un conjunto de acciones para la prevención de desastres mediante la reducción de la vulnerabilidad:

- Reduciendo el tiempo y la intensidad de la exposición a la amenaza.
- Desarrollo de acciones de protección.
- Mejora de la capacidad de reacción inmediata mediante mecanismos de alerta temprana, organización y entrenamiento comunitario.
- Creación de capacidad para atender de manera integral la recuperación básica de las condiciones indispensables para satisfacer las necesidades esenciales de la comunidad.
- Capacidad para garantizar la reconstrucción del ecosistema afectado, logrando la recuperación definitiva y su desarrollo.

A pesar de todo, la mitigación no es una fase suficientemente entendida. A este respecto Tierney señala “*Of the four key disaster phases or management tasks (mitigation, preparedness, response, and recovery), mitigation has been studied the least and is probably the least well understood.* (TIERNEY, 1987).

Medidas habituales de mitigación son el planeamiento de los usos del suelo, el urbanismo, el seguro de bienes, la edificación preventiva (*building codes*).

Algunos autores hablan de medidas estructurales de mitigación (obras de ingeniería, actuaciones duras, etc.) y medidas no estructurales (ligadas a la información, el modelo de desarrollo económico, ordenación del territorio, etc.). Asimismo, sus escalas de análisis pueden ser individuales, colectivas, regionales, nacionales, etc.

En la fase de prevención, la vulnerabilidad también va a jugar un rol de importancia. La minimización de actuaciones de urgencia de reducción de la vulnerabilidad van a ser críticas: evacuación de población, acumulación de agua y alimentos, limpieza de torrentes y tejados, etc.

La evaluación de daños postcatástrofe se va a concentrar mayoritariamente en la fase de respuesta y recuperación. Algunos manuales señalan la conveniencia de iniciar las tareas de evaluación de daños tras la finalización de la emergencia por la congruencia de priorizar el rescate de afectados sobre cualquier otra actividad. La evaluación de daños tiende siempre a dilatarse en el tiempo y extenderse a la fase de recuperación. Sería conveniente en cualquier caso, que los resultados de la evaluación de daños sirvieran para fundamentar las demás fases del ciclo.

Algunos autores han propuesto modelos alternativos del ciclo de los riesgos del desastre. Granger (GRANGER, JONES, et al. ,1999) en el modelo de gestión de riesgos sugiere un modelo que combina el análisis de la vulnerabilidad, y la evaluación de daños (Figura 2.61).

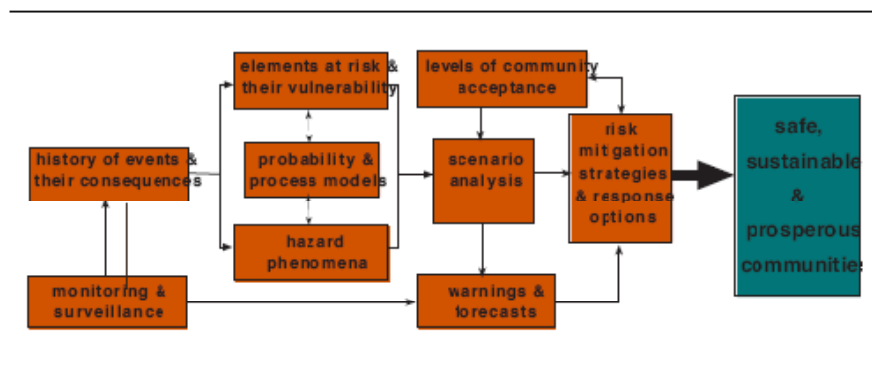


Figura 2.61. Esquema operativo del proyecto Cities
(GRANGER, JONES, et al. , 1999)

2.9. Evaluación de Daños Postcatástrofe (EDPC)

La evaluación de daños y pérdidas derivadas de los eventos catastróficos es una actividad de gran trascendencia del ciclo de los riesgos que ha sido escasamente tratada en el ámbito científico internacional. Los desastres producen efectos negativos sobre la población y sus bienes, sus condiciones de vida así como en los recursos ambientales.

La dimensión y tipología de daños provocados por un desastre sobre una comunidad dependerá en gran medida de la magnitud del evento y de la propia vulnerabilidad de los elementos expuestos.

La evaluación de daños y pérdidas persigue la identificación de aquellos efectos nocivos que ha provocado una catástrofe sobre los distintos aspectos del territorio: población, infraestructuras, equipamientos, actividades, medio ambiente, así como la cuantificación económica de los mismos.

Los países menos desarrollados por lo general presentan mayor vulnerabilidad y los daños tienden a ser mayores, incidiendo especialmente sobre la población. En los más desarrollados, en cambio, los daños suelen tener una dimensión más económica (Figuras 2.62 y 2.63).

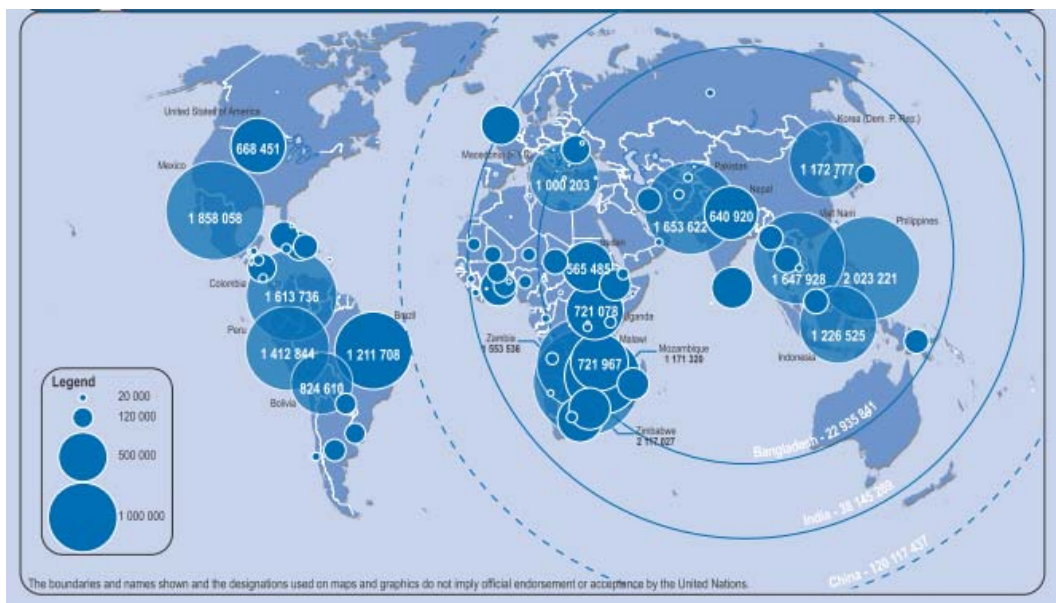


Figura 2.62. Distribución de víctimas de desastres en el año 2007
Fuente : (SCHEUREN, LE POLAIN DE WAROUX, et al. , 2008, pp.122)

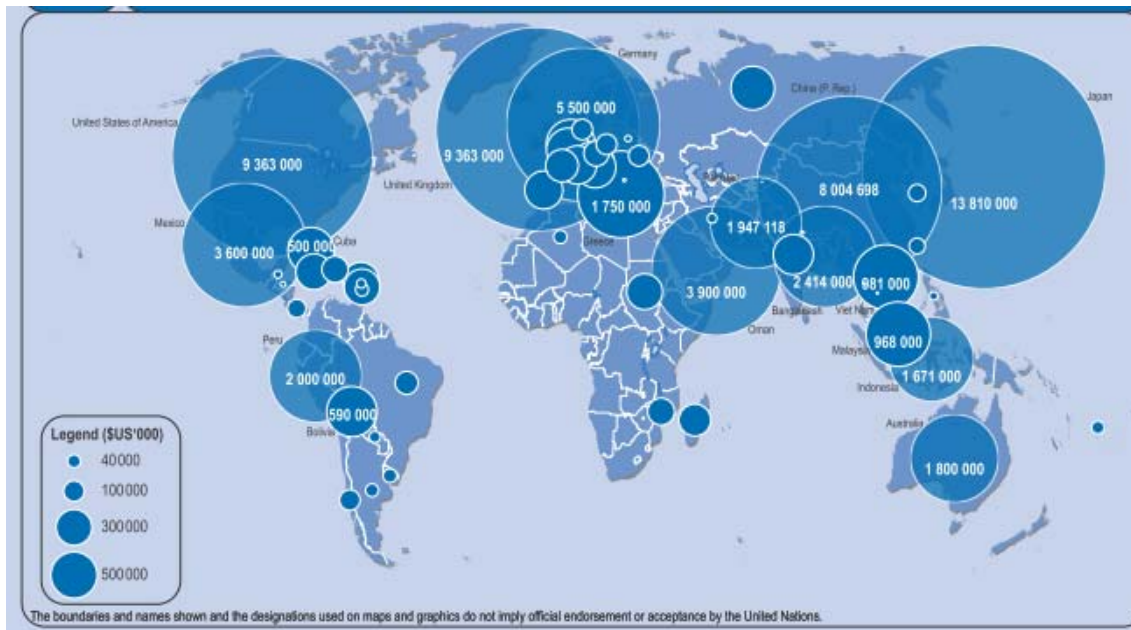


Figura 2.63. Distribución de las pérdidas de los desastres en el año 2007
Fuente : (SCHEUREN, LE POLAIN DE WAROUX, et al., 2008, pp. 125)

La información referida a los daños provocados por un desastre natural es vital para el desarrollo de la fase de recuperación. A este respecto SCHWEIER señala: *“This information is necessary for disaster management tasks, like e.g. the allocation of the limited search and rescue resources of the disaster area in an optimal way. this information should be available as fast as possible to increase the survival probability of the persons trapped in collapsed buildings”* (SCHWEIER, MARKUS, et al., 2004). Así, se evalúan costes de reparación o reposición de aquellos elementos dañados lo cual fundamenta la fase de recuperación del ciclo de los riesgos.

La tipología y la magnitud de daños revelan la vulnerabilidad de los elementos que han sido afectados (vulnerabilidad emergente/vulnerabilidad relevada) y son una información decisiva para fundamentar políticas, planes y programas de prevención de riesgos. La FEMA (Federal Emergency Management Agency (FEMA), 1994) señala que la evaluación de pérdidas postcatástrofe es una tarea compleja y que puede suponer un coste temporal y económico elevado. Sin embargo, resulta de gran interés para la elaboración de planes de emergencia y el desarrollo de instrumentos para la mitigación de desastres.

En una primera visión la evaluación de daños postcatástrofe se podría calificar como proceso simple y descriptivo, basado en el análisis sistemático de elementos dañados y en la evaluación de sus costes de reparación o reposición, lo cual a priori no entraña demasiada complejidad. Sin embargo, la experiencia demuestra que es un proceso complejo y dependiente de un gran número de factores entre los que destacamos los siguientes:

- Algunos de los efectos de la catástrofe son directos e inmediatos (daños directos), como pérdida de vidas humanas, derrumbe de edificios, destrucción de puentes,.. y su

evaluación puede ser razonablemente sencilla. Pero, otros muchos pueden ser indirectos generando efectos sobre otros factores o pueden aparecer varios días, meses o años tras el evento.

- Son muchos los aspectos a tener en cuenta en la valoración de daños (población, infraestructuras, actividad económica, medioambiente,...) y resulta compleja su apreciación de forma integrada.
- La evaluación de daños incluye la consideración de bienes de difícil cuantificación (pe. aspectos económicos, bienes ambientales, etc.)
- El volumen de daños puede ser muy elevado y extenso geográficamente por lo que el volumen de elementos a valorar puede ser muy grande.
- La estimación de daños habitualmente debe realizarse de forma muy rápida y en ocasiones de forma compartida a las tareas de emergencia. Además, puede existir una fuerte presión social, político-administrativa, informativa, para que la valoración sea realizada de forma inmediata tras el desastre pero a la vez de forma rigurosa. De hecho, la asignación de fondos a un desastre y la forma de aplicación viene en muchos casos condicionada por la existencia de una tasación previa de daños que en muchos casos no se realiza con suficiente rigor.
- Los daños pueden afectar a unidades administrativas diferentes (estados, regiones, municipios) lo cual complica el proceso de evaluación de daños. Asimismo, los efectos de los desastres no sólo afectan de forma directa a las economías y poblaciones de las áreas donde se han producido físicamente, sino que puede afectar a regiones o países vecinos de numerosas formas (movimientos migratorios, turismo, flujos comerciales, etc.).
- En la evaluación de daños pueden participar administraciones diferentes lo cual dificulta el intercambio de información y la visión global de la catástrofe.
- Los precios de reparación/reposición son fluctuantes en el mercado y no es posible obtener tasaciones precisas.

Downton y Roger (DOWNTON, ROGER, et al., 2005) señalan que la evaluación de daños de un desastre es complicada por tres motivos :

- En primer lugar porque los desastres tienen costes directos, como la pérdida de vidas o el colapso de edificios, pero también costes indirectos. Por ejemplo, la pérdida de exportaciones tras el desastre. Por su vez, el desastre también puede provocar beneficios directos e indirectos. En especial cuando las comunidades reciben fondos de compensación que inyecta fondos a la economía local lo cual dificulta el análisis real del impacto del evento.
- En segundo lugar las pérdidas provocadas por el desastre están en función de una escala temporal y espacial que ha sido escogida para su evaluación, lo cual siempre lleva consigo una complejidad añadida.
- En tercer lugar algunas pérdidas y beneficios del desastre son intangibles.

Asimismo, Downton destaca la importancia de disponer de información acerca de las consecuencias de los desastres pero la dificultad en obtenerla. *“Police makers need accurate disaster loss data for decisions about disaster assistance, policy evaluation and scientific research priorities. But loss estimation is difficult in a disaster situation and initial loss estimations are seldom evaluated in comparison with actual costs”*.(DOWNTON, ROGER, et al. ,2005).

Igual que para el caso de la vulnerabilidad, existe también una confusión terminológica en cuanto a los conceptos de daño (*damage*) y pérdidas (*losse*) que la comunidad científica no ha acabado de clarificar. La acepción de daño derivado de una catástrofe natural en el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española se expresa como daño emergente.: *m. Der. Valor de la pérdida sufrida o de los bienes destruidos o perjudicados.* (<http://www.rae.es/rae.html> [Consulta 12.08.2008]). El concepto de pérdida es propiamente un sinónimo del daño, y es definido por la RAE como (Del lat. tardío *perdīta*, pérdida). **1.** f. Carencia, privación de lo que se poseía. **2.** f. Daño o menoscabo que se recibe en algo. **3.** f. Cantidad o cosa perdida.

En este texto entenderemos los daños como la manifestación de la catástrofe y aquello que evidencia la fusión del peligro con la vulnerabilidad. Las pérdidas hacen referencia al coste social, económico, ambiental del daño. En general, la unidad para la cuantificación de las pérdidas es monetaria.

En el estudio de las pérdidas indirectas, un concepto básico es el de lucro cesante, entendido como: *“Ganancia dejada de obtener como consecuencia del incumplimiento de una obligación, por la infracción de un deber, o por un sacrificio patrimonial legítimo. Normalmente debe ser indemnizada por el causante del daño.”* (<http://www.rae.es/rae.html> [Consulta 12.08.2008]). El lucro cesante debe ser considerado en el proceso de evaluación de daños y es una de las actividades que entraña mayor complejidad.

Como señalamos anteriormente, algunos autores consideran la evaluación de daños como un tipo de medida de la vulnerabilidad. Sin embargo, se presta escasa atención a esta visión, en parte debido a que los colectivos que realizan la evaluación del riesgo y los que evalúan los daños son diferentes. La evaluación de pérdidas no suele ser realizada por los propios planificadores del riesgo, sino por servicios de emergencia, tasadores y otros profesionales que después no suelen transmitir adecuadamente los resultados a los planificadores.

La evaluación de daños debería ser considerada como un proceso de aprendizaje. Las lecciones aprendidas de las causas y consecuencias de los desastres ayudan a la prevención del riesgo y la reducción de las pérdidas de futuras catástrofes. Krausman (KRAUSMANN & MUSHTAQ , 2006) propone una metodología basada en la evaluación sistemática de daños para la reducción de los desastres que distingue las siguientes etapas :

- Investigación preliminar de desastre. Esta tarea comprende la identificación de las causas del desastre. Análisis de la efectividad de los sistemas de prevención, preparación y mitigación. Primera valoración de consecuencias.
- Divulgación de las conclusiones de la investigación preliminar, las cuales pueden ya servir de base para la prevención, preparación y respuestas. Consistirían en lecciones inmediatas aprendidas.
- Inventario de la información del desastre y sus consecuencias. Recogida de información de tipo cuantitativo y cualitativo de los efectos del desastre que pudieran servir de base para la detección de errores en la fase de planificación o en la gestión de la emergencia.
- Análisis de datos. Explotación de la información recogida en la fase de inventario, puede requerir el uso de técnicas especializadas de almacenamiento y explotación de datos.
- Generación de lecciones aprendidas. A partir del análisis minucioso de la información del desastre es posible la identificación de las consecuencias del desastre y la propuesta de actuaciones futuras para su mitigación. Algunas de dichas actuaciones pueden orientarse a la mitigación de un tipo de peligro (pe. inundación, deslizamiento) o ser de tipo genérico.
- Implementación de lecciones aprendidas. Difusión de las propuestas de mitigación entre los agentes responsables de la planificación territorial, gestión de la emergencia o el público en general. Las lecciones aprendidas no solo deben quedar en la memoria de la población sino al servicio de todos. Finalmente, las propuestas deberían materializarse en el desarrollo de políticas, programas o actuaciones de prevención y mitigación.

Los procesos a evaluar son las catástrofes, entendidas como *“Sucesos violentos o inesperados que con frecuencia vienen acompañados de pérdidas de vidas humanas; a menudo causan sufrimiento y aflicción en una sociedad –o en parte de ella-, un desajuste temporal en los sistemas de vida prevalecientes, así como daños materiales y dificultades de consideración en el funcionamiento de la sociedad y de la economía”*. (CEPAL, 2003, pp.1). Cuando el efecto de una catástrofe sobre el territorio (sobre su población, infraestructuras, actividad económica, medioambiente) es muy importante dicho evento es considerado un desastre. Normalmente el número de vidas y el volumen de pérdidas económicas son los principales indicadores utilizados por la mayoría de catálogos o inventarios de catástrofes (por ejemplo DesInventar - <http://www.desinventar.org/> [Consultado 12.02.2010], NatCat http://www.munichre.com/en/ts/geo_risks/natcatservice/default.aspx [Consultado 12.02.2010], EmDAT <http://www.emdat.be/> [Consultado 12.02.2010] , etc.).

Ayala (AYALA-CARCEDO & GONZÁLEZ JIMÉNEZ, 2006) propone una clasificación del tipo de desastres en función del impacto sobre número de víctimas mortales:

- Pequeños: Entre 10 y 99 víctimas.
- Medianos: Entre 100 – 999 víctimas.
- Grandes: entre 1.000 – 9.000 víctimas
- Enorme: entre 10.000 – 99.000 víctimas
- Megadesastre: entre 100.000 – 999.999 víctimas
- Gigadesastre: más de 1.000.000 de víctimas.

El Manual de Evaluación de Desastres de Naciones Unidas (PNUD. UNDRO, 1991) señala que la evaluación de daños es un proceso para determinar las siguientes cuestiones:

- El impacto que la amenaza ha tenido sobre la sociedad;
- Las necesidades y prioridades para tomar medidas de emergencia inmediatas para salvar y mantener las vidas de los supervivientes;
- Los recursos disponibles;
- Las posibilidades para facilitar y acelerar la recuperación a largo plazo y el desarrollo.

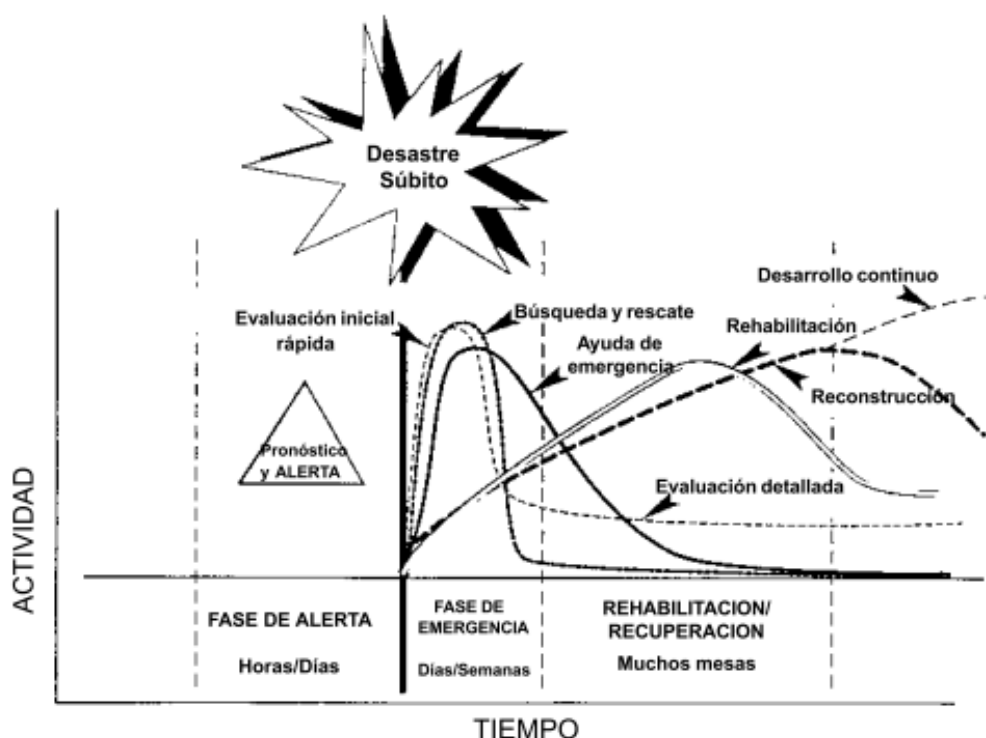


Figura 2.64. Episodios y actividades en relación a los riesgos y ocurrencias de desastres súbitos
Fuente : (PNUD. UNDRO, 1991, pp.9)

La figura 2.64 presenta el marco de actividades que se desarrollan en las fases de alerta de la catástrofe, emergencia y rehabilitación y recuperación. En la fase de alerta pueden realizarse pronósticos del daño potencial de la catástrofe, lo cual ayuda a orientar las tareas preventivas a desarrollar. Tras iniciarse el desastre ya se inicia una evaluación inicial rápida de daños que da apoyo a las tareas de emergencia (búsqueda, rescate). Posteriormente, una vez ha acabada la fase de emergencia, se inicia una evaluación más detallada de daños que proporciona datos relevantes para desarrollar estrategias y programas de reconstrucción ((DIRECTORATE GENERAL OF HUMAN SETTLEMENT. MINISTRY OF PUBLIC WORKS. INDONESIA , 2005)

Al iniciarse el desastre y declararse la emergencia existe gran incertidumbre sobre el área afectada, el número de personas muertas o heridas, los niveles de daño en servicios, etc.

Tampoco se dispone de información sobre la aparición de nuevos peligros emergentes o sinérgicos que podrían derivarse del desastre. Las acciones de respuesta comienzan a influenciar los acontecimientos, por ello las evaluaciones de daños se vuelven parte del espiral de supervisión y control, permitiendo a aquellos que participan en este proceso supervisar los resultados e intentar corregir las respuestas. El proceso se convierte en parte en un ciclo de evaluación, revisión y corrección.

No resulta en ningún caso adecuado realizar una evaluación de daños rigurosa de forma paralela a las labores de emergencia, tanto por las interferencias con dicha actividad como porque tras la catástrofe van apareciendo los daños de forma gradual y una evaluación inmediata no podría evidenciar.

La información tras una catástrofe es fácil de conseguir en los países desarrollados, mientras que en los más subdesarrollados no suele ser de calidad. De hecho, la fiabilidad de los datos disminuirá cuanto mayor sea el tamaño del desastre. Por ello, los efectos de un desastre en países subdesarrollados no son nunca bien conocidos. (AYALA-CARCEDO & GONZÁLEZ JIMÉNEZ, 2006). En ocasiones este hecho es motivado por estrategias gubernamentales de minimizar los datos o ocultar información tratando de esconder la falta de políticas adecuadas para la mitigación de los peligros.

2.9.1. Clasificación de Daños y pérdidas

En la bibliografía las pérdidas económicas derivadas de los desastres se suelen clasificar en tres grupos (BENSON & CLAY, 2004)(PNUD. UNDRO, 1994) :

Costes directos: Referidos al daño material producido sobre el tejido productivo y patrimonio (industrias, cultivos, etc.), infraestructuras y equipamientos (energía, transporte, equipamiento escolar, equipamiento sanitario, etc.) y daño a la infraestructura social.

- Pérdida de capital; pe. Destrucción de viviendas, fábricas, medios de comunicación (puentes, caminos, ferrocarriles, sistemas telefónicos), e infraestructuras de la comunidad (escuelas, hospitales, redes electricidad, sistemas sanitarios).
- Pérdida de existencias destinadas al consumo o para unidades de producción intermedia.
- Pérdida de producción que resultará en reducción del ingreso; pe. cosecha deficiente, destrucción de los cultivos, muerte del ganado o cierre de negocios.
- Costo de la ayuda y reparaciones de emergencia.

Costes indirectos: Costes derivados de los efectos directos. Enfermedades sobre la población. Falta de recursos básicos para sustentar la actividad vital y/o empresarial (agua, energía, comunicaciones, etc.). Pérdidas de productividad en las empresas

- Reducción en la actividad de los proveedores sin mercados alternativos.

- Reducción en la compra de productos y servicios por parte de personas que han perdido sus trabajos.
- Reducción del ingreso nacional debido a la reducción del ingreso tributario.

Costes secundarios. Efectos a corto, medio y largo plazo sobre las condiciones socioeconómicas; endeudamiento externo, balanza de pagos, desempleo, incidencia pobreza, etc. Suelen aparecer un tiempo después del desastre:

- Epidemias
- Inflación
- Un aumento de la disparidad del ingreso individual y familiar y desbalance en el bienestar económico de diferentes regiones del país.
- Pérdida de oportunidades económicas como resultado de la dirección diferente que toma la actividad económica
- Cambios ecológicos
- Cambios negativos en la balanza de pago.

La compañía Swiss Re propone la siguiente clasificación de daños (HAUSMANN & PERILLS , 1999) :

Daños directos. Daños en edificios, contenidos, automóviles, infraestructuras personas; costes de desescombro y limpieza, aminoración de daños y eliminación de residuos

Daños indirectos. Daños debidos a interrupción de negocios (industria y comercio) o corte del suministro de energía eléctrica; costes de transporte, servicios de auxilio, almacenamiento, alojamiento, abastecimiento de agua potable y comunicaciones.

Daños no cuantificables. Rodeos forzosos o retenciones (embotellamientos) de tráfico en desplazamientos al trabajo, afecciones psíquicas, pérdidas de valores inmateriales y emigración de la zona afectada.

El Manual de Evaluación de vulnerabilidades y riesgos de COBURN URN, SSPENCE, et al. , 1994) para Naciones Unidas diferencia dos tipos de pérdidas (Tabla 2.36):

- Pérdidas que generan costes que es posible valorarlos desde el punto de vista económico. Se consideran pérdidas tangibles.
- Pérdidas que dan lugar a costes derivados pero que no pueden convertirse a un equivalente monetario se incluyen en lo que denomina pérdidas intangibles.

Consequences	Measure	Losses	
		Tangible	Intangible
Deaths	Number of people	Loss of economically active individuals	Social and psychological effects on remaining community
Injuries	Number and injury severity	Medical treatment needs, temporary loss of economic activity by productive individuals	Social and psychological . Pain and recovery
Physical damage	Inventory of damaged elements, by number and damage level	Replacement and repair cost	Cultural losses
Emergency operations	Volume of manpower, man-days employed, equipment and resources expended for relief	Mobilization costs, investment in preparedness capability	Stress and overwork in relief participants
Disruption to economy	Number of working days lost, volume of production lost	Value of lost production	Opportunities, competitiveness, reputation
Social disruption	Number of displaced persons, homeless	Temporary housing, relief, economic production	Psychological, Social contacts, cohesion, community morale
Environmental impact	Scale and severity	Clean-up costs, repair cost	Consequences of poorer environment, health risks, risk of future disaster

Tabla 2.36. Tipo de pérdidas derivadas de un desastre
Fuente : (COBURN, SPENCE, et al. , 1994)

Merz, (MERZ, 2006) también clasifica los daños producidos por inundaciones en cuatro grupos: directos/tangibles, directos/intangibles, indirectos/tangibles e indirectos/intangibles (Figura 2.65) :

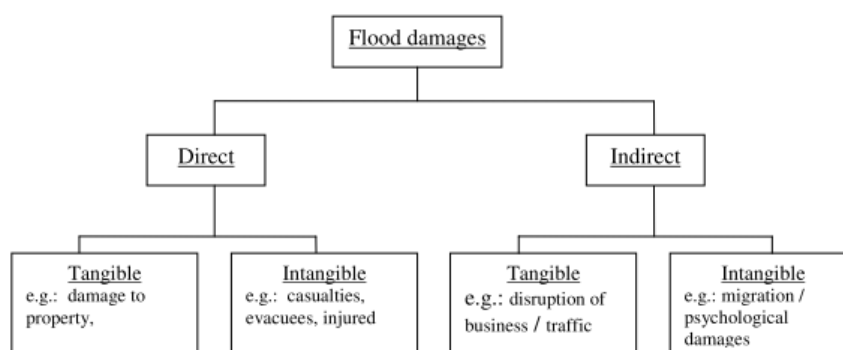


Figura 2.65. Tipos de daños provocados por inundaciones
Fuente : (MERZ, 2006)

El Manual de Evaluación de Daños de la CEPAL (CEPAL, 2003) identifica tres tipos de daños:

- Daños directos. Son daños que afectan los acerbos. Se registran de forma inmediata al desastre. Se incluye la destrucción total o parcial de infraestructura física, edificios, instalaciones, maquinaria, equipos, medios de transporte, tierras cultivo sistemas riego, etc.
- Daños indirectos. Aquellos que se producen sobre los flujos de producción de bienes y servicios. Se trata de bienes y servicios que se dejan de producir o prestar desde el desastre hasta la fase de rehabilitación o reconstrucción. En el Manual CEPAL esta fase tienen una duración máxima de cinco años.

Entre estos daños se distinguen los siguientes: pérdida de producción e ingresos, pérdida de productos no comercializados, menor prestación de servicios, costes por desvío de la producción a centros que no han sido afectados, reducción de ingresos por falta de suministro, costos de la emergencia, costos derivados de externalidades.

- Efectos macroeconómicos. Los que se reflejan en el comportamiento de grandes agregados macroeconómicos. Efectos sobre la tasa de crecimiento del PIB, balance comercial, endeudamiento, reservas monetarias, finanzas públicas.

Existe un debate científico en el ámbito económico entorno a la tipificación de los costes económicos de los desastres (VAN DER VEEN, 2003). Se distinguen varios enfoques en la evaluación de los costes de los desastres:

- Desde la economía del bienestar. La discusión radica en tomar como valor de la pérdida los valores propios del stock, o valores del flujo. En Couloured Manual, del Flood Hazard Research Center (FHRC), establece una diferencia clara entre stock y flujo. Distinguiendo así que los costes directos harían referencia a pérdidas de elementos territoriales, capital y maquinaria, es decir de stocks, y que los costes indirectos harían referencia al impacto comercial, desactivación comercio, lo cual afectaría al flujo. Análisis basado en un modelo de análisis Costes-Beneficios.
- Desde la perspectiva contable (*Accounting Framework*) . Los costes derivados de flujos de bienes, mercancías y servicios también son considerados daños directos. El modelo de cálculo de costes se basa en un análisis *Input-Output* y modelos de equilibrios económicos en economías regionales y nacionales.
- Desde una perspectiva macroeconómica. La cual se interesa especialmente del proceso de recuperación. Efectos del desastre en indicadores macroeconómicos como el desempleo, el déficit público o la inflación.

Hay que considerar que no todos los efectos de una catástrofe son de tipo negativo. En ocasiones, un desastre trae consigo inversiones económicas y cambios estructurales que pueden tener efectos beneficiosos sobre la economía y los recursos de una zona a corto, medio y largo plazo. Existen escasas referencias acerca de estudios sobre los efectos beneficiosos de los desastres naturales.

Otra cuestión importante es la distinción entre daños en el sector privado y daños en el sector público, ya que las tareas de reconstrucción en uno y otro caso tendrán consecuencias diferentes sobre la economía de las zonas afectadas.

2.9.2. Evaluación de daños

En todos los estados, a diferentes niveles administrativos (nacional, regional, local) se realizan de forma habitual evaluaciones de daños causados por eventos naturales o antrópicos. Sin embargo no existe una metodología estandarizada de evaluación. Van der Veen remarca la necesidad de establecer una discusión científica internacional para proponer una metodología común para la estimación del daño y subraya que dicha metodología debería basarse en una aproximación interdisciplinaria. (VAN DER VEEN, VETERE ARELLANO, et al. , 2003)

Guha-Sapir (GUHA-SAPIR & HARGITT, 2004) apunta que uno de los problemas básicos para realizar la evaluación de daños es la falta de información de los desastres, lo cual atribuye a distintas causas:

- Normalmente la información es tomada por distintas organizaciones, por lo que su compilación es poco uniforme y no responde a la utilización de metodologías y definiciones estandarizadas.
- Pueden recogerse información parcial de algunos eventos. (*biased data can occur because of the rationale behind data gathering*)
- Los desastres de larga duración (como hambrunas, o sequías) en ocasiones se almacenan como múltiples eventos.
- Los eventos que comprenden zonas fronterizas entre estados pueden ser inventariados como varios desastres.
- Los cambios en los límites administrativos de estados, regiones y provincias puede causar ambigüedades y dificultades en la comparación de datos históricos. A este respecto, Downton (DOWNTON, ROGER, et al., 2005) realiza una comparación de la información de los costes de los desastres de dos fuentes de información el National weather service y la Federal Emergency Management Agency (FEMA) revelándose errores muy importantes de sobreestimación y subestimación.
- Las competencias administrativas diversas en un estado pueden también causar pérdidas respecto a los daños reales de la catástrofe.

Cochrane alerta de la dificultad de evaluar los costes económicos de los desastres y lo atribuye a varias razones; “*Most problems stem from double counting, failure to clearly identify and accounting stance, ignoring non-market losses, confusion as to whether post disaster economic trends are a product of the event or some other unrelated factor, and the employment of too limited a time frame (one that is too short to reflect the full range of outcomes)*”. (COCHRANE 2003, pp.11).

Identificación de la zona afectada

La delimitación de la zona afectada por el desastre natural es una de las principales cometidos a realizar tras el evento. Se trata de identificar qué áreas geográficas han padecido pérdidas directas a causa del desastre. Es habitual el perímetro de delimitación de los desastres vaya

ajustándose a medida que se va disponiendo de más información sobre el mismo por lo que no se dispondrá de una cartografía definitiva de la zona afectada prácticamente hasta que el inventario de daños no haya finalizado. En cualquier caso, es importante disponer desde un primer momento de una delimitación geográfica de la catástrofe para ir iniciando actividades de evaluación de daños.

Se han realizado diversas propuestas para la previsión de la zona afectada según el tipo de evento. Para el caso de terremotos, a partir del epicentro y la geología de la zona es posible generar un radio de influencia potencial del sismo. Para inundaciones se recurre al uso de modelos procedente de simulaciones que representan las cuencas potencialmente inundables.

Las imágenes de satélite proporcionan información rápida y actualizada del ámbito geográfico de afectación de los desastres.

Fuentes de información

La evaluación de daños requiere la consulta de diversas fuentes de datos que recojan información de la zona afectada a distintas escalas geográficas de análisis. El proceso de evaluación de daños requiere disponer de información de los efectos del desastre y también de la situación previa al mismo. Los datos de las condiciones anteriores al desastre en ocasiones son difíciles de obtener por el hecho de que las entidades suministradoras de información pueden haber sufrido también daños como consecuencia del desastre. Las fuentes de información comprenden administraciones públicas donde se puede disponer de estadísticas relativas a censos, inventarios, cartografía, registros de bienes, etc.

La información propiamente del desastre requiere la valoración directa de la zona siniestrada, que puede obtenerse por visita e inventario de elementos afectados, utilización de fotografías aéreas o imágenes de satélite, etc.

2.9.3. Evaluación de daños: metodologías y experiencias

Uno de los principales problemas que se observa en los informes de evaluación de daños es su falta de uniformidad. De hecho, suelen utilizar metodologías diferentes adaptadas a cada caso concreto. Tal y como señala BOCKARJOVA “*much work in disaster análisis is case-oriented. Primarily the nature of such work often forces the researcher to develop specific methods quite closely tied to the case*” (BOCKARJOVA, STEENGE, et al., 2004).

Vallejo indica que existe escasa tradición en la elaboración de estudios de evaluación de daños y que no existen metodologías ni normativas convenientemente validadas. Subraya las ventajas que supondría la aplicación de métodos de cartografía de los desastres, que a pesar de su complejidad, tendrían un interés adicional por su aplicabilidad en las tareas de planificación y recuperación. (VALLEJO VILLALTA & CAMARILLO NARANJO, 2000).

También se detecta que es aún muy reducido el número de metodologías útiles para la medición de los efectos sociales y ambientales de los desastres (CEPAL, 2003).

Un hecho que dificulta aún más esta situación es que los informes de valoración de daños realizados por Administraciones, asociaciones sin ánimo de lucro, empresas, centros de investigación, etc. en general no son fáciles de obtener, ya que no se les proporciona suficiente difusión y en la mayoría de los casos no suelen ser públicos.

Bendimerad, destaca la bondad de los métodos automatizados de estimación de pérdidas de las catástrofes (BENDIMERAD, 2001) por cuatro razones :

- Proporcionan acceso a métodos complejos de valoración que puede ayudar a los planificadores a la evaluación de riesgos y a la mitigación de desastres.
- Posibilitan el análisis de escenarios. Permiten simular el impacto de las catástrofes de diversas magnitudes y ayudan a tomar medidas preventivas.
- Facilitan el estudio de la vulnerabilidad de elementos del territorio (construcciones, infraestructuras, etc.)
- Permiten el desarrollo de aplicaciones personalizadas que den respuestas a necesidades específicas. (recate, evaluación de desastres sinérgicos, etc.).

Uso de funciones de daño

Una gran parte de las metodologías de evaluación de daños se fundamentan en el uso de funciones de daño. Dichas funciones expresan una relación matemática de proporcionalidad entre atributos del evento catastrófico (pe. altura o velocidad de flujo de las aguas en una inundación, intensidad de un seísmo, intensidad de los vientos, etc.) y el nivel de daño producido sobre algún elemento del territorio (pe. edificios, cultivos, infraestructuras, etc.). La relación matemática se expresa en forma de curva o recta representando la progresión del nivel de daños.

El sistema ofrece la posibilidad de representar los daños potenciales no sólo de un elemento, sino de variaciones en sus características estructurales, por ejemplo materiales de construcción, medidas de mitigación, número de plantas edificios, etc.

La construcción de las funciones de daño es un proceso empírico laborioso que requiere el estudio minucioso y sistemático de los efectos de los desastres sobre distintos elementos en relación a parámetros del evento catastrófico. Es común el uso de encuestas sobre personas afectadas para ir calibrando dichas curvas con precisión.

El uso de funciones de daño es generalizado para la evaluación de daños causados por distintos tipos de desastres naturales: terremotos, inundaciones, huracanes, etc.

Metodología PNUD

El PNUD en su guía de evaluación de desastres (PNUD. UNDRO, 1991) propone el desarrollo de las siguientes fases en el proceso de evaluación de daños:

1. Identificación de información, necesidades y recursos.

Es una fase inicial en la que se organiza el proceso de evaluación de daños. Se establecen los objetivos de la evaluación, se valoran los recursos disponibles y se planifica el proceso de recogida de información.

2. Recopilación de datos

Se centra en el inventario de daños “in situ” mediante visita a los lugares afectados y reconocimiento de daños directos.

3. Análisis e interpretación de datos.

A partir de la información recogida en la fase anterior se procede a la estructuración sistemática de los datos. También se realiza una comparación de la situación actual de los elementos evaluados y su estado antes del desastre.

4. Extracción de conclusiones.

Los datos recogidos dan lugar a una valoración de los daños y el cálculo de pérdidas económicas. Se proporciona la información agrupada por temáticas y por ámbitos geográficos.

5. Diseño de la respuesta al desastre

A partir de la evaluación de daños y pérdidas se identifican qué tipo de elementos deberán ser objeto de reparaciones o de reposición, se jerarquizan las actuaciones a realizar y se diseña un plan de recuperación.

6. Estructuración de sistemas de comunicación y diseminación. Desarrollo de sistemas y procedimientos para la difusión de los datos de las evaluaciones con objeto de poder ser contrastados y validados de forma adecuada.

La figura 2.66 representa un conjunto de componentes de un sistema de evaluación de daños postcatástrofe. El sistema se asienta sobre un “Plan General de Evaluación” que establece la recopilación de un conjunto de datos básicos a inventariar sobre el desastre y sus consecuencias estableciéndose procedimientos de recogida de información, de comunicación y divulgación, así como un sistema de control de calidad.

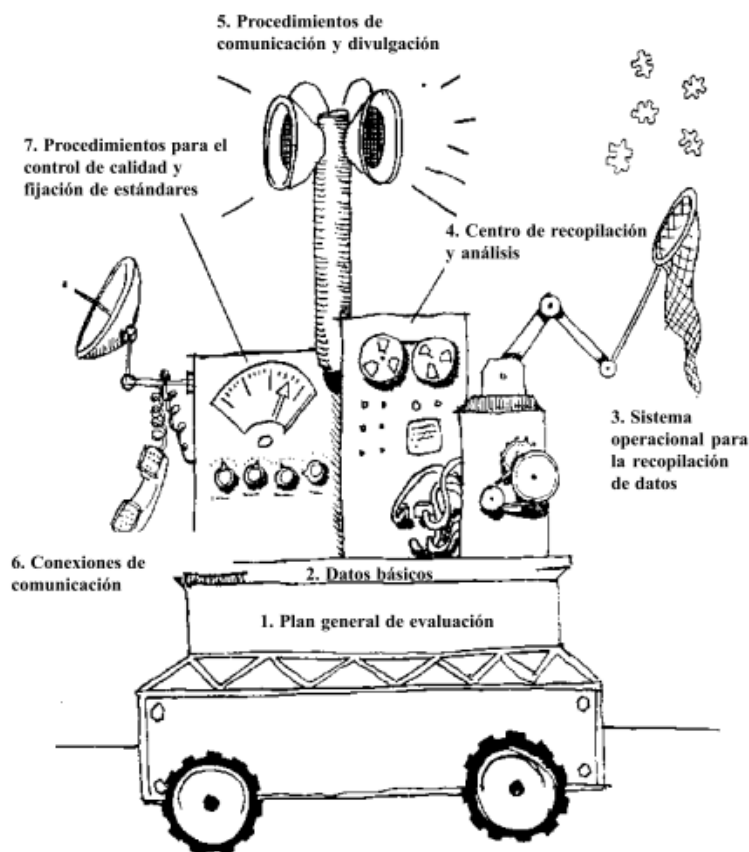


Figura 2.66. Componentes de un sistema de evaluación postcatástrofe
Fuente : (PNUD. UNDRO, 1991, pp.44)

Metodología CEPAL

Naciones Unidas a través de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) ha realizado desde hace años numerosos estudios de evaluación de daños (UN/ CEPAL, 2004). En dichos trabajos se recoge de forma sistemática los efectos de las catástrofes así como propone una serie de programas de rehabilitación y reconstrucción. A partir de su extensa experiencia en la realización de evaluaciones de daños, la CEPAL ha propuesto una completa metodología de evaluación de daños. La metodología del CEPAL para la Evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los Desastres (CEPAL, 2003) se recoge en una guía editada con ese mismo nombre y en la actualidad constituye una de las más completas y actualizadas en esta materia. <http://www.crid.or.cr/digitalizacion/pdf/spa/doc14877/doc14877.htm> [Consultada [12.02.2010]].

El objetivo de la evaluación para el CEPAL es evaluar en términos monetarios, el impacto de los desastres sobre la sociedad, la economía y el medio ambiente del país o región afectada. Para ello recurre al uso de indicadores de diverso tipo, sobre todo de ámbito geográfico nacional. Además de proponer un método para la evaluación de pérdidas también se proponen acciones de mitigación y reconstrucción.

La metodología no consiste propiamente en un método específico de evaluación para las catástrofes, sino que aporta un compendio de criterios, factores y técnicas para evaluar distintos factores del desastre. En concreto, se analizan los siguientes aspectos:

- Sectores sociales: población afectada, vivienda y asentamientos humanos, educación y cultura, salud.
- Infraestructuras: energía, agua potable y saneamiento, transporte y comunicaciones
- Sectores económicos: agropecuario, industria y comercio, turismo.
- Efectos globales: medio ambiente, efectos macroeconómicos, empleo e ingresos, mujeres y desastres.

La guía funciona a modo de lista de revisión, en la cual el evaluador debe ir identificando en el desastre los distintos aspectos que aparecen en la guía, o vice-versa y aplicar los métodos de evaluación propuestos.

Metodología HAZUS

A principios de los 90', la Federal Emergency Management Agency (FEMA) de USA se embarcó en un ambicioso proyecto para la evaluación de pérdidas de los principales tipos de peligros naturales: terremotos, inundaciones y vientos intensos. A dicho proyecto le llamaron HAZUS (Hazards USA) (y como resultado dio lugar a un paquete integrado de programas informáticos "*The Hazards U.S. Multi-Hazard (HAZUS-MH) is a nationally applicable standardized methodology that estimates potential losses from earthquakes, hurricane winds, and floods. HAZUS-MH was developed by the Federal Emergency Management Agency (FEMA) under contract with the [National Institute of Building Sciences \(NIBS\).](http://www.fema.gov/plan/prevent/hazus/)*") <http://www.fema.gov/plan/prevent/hazus/> [Consultado 10.03.2010])

El objetivo del proyecto es el desarrollo de un instrumento analítico para dar apoyo a la evaluación de daños derivado de desastres naturales para ser realizado por las administraciones públicas a distintos niveles (regional, nacional) y contribuir a identificar las acciones de respuesta, planificación y mitigación de peligros.

HAZUS propone la construcción de bases de datos territoriales unificadas de ámbito nacional sobre desastres que incorpore información sobre las diversas componentes del territorio. Un ejemplo de ello es el inventario nacional de viviendas y actividades comerciales e industriales. En dicho inventario se incluyen características específicas de la vulnerabilidad de las construcciones a distintos tipos de peligros (pe. material construcción, usos de los edificios, etc.). El programa posibilita la ampliación del nivel de precisión de la información con objeto de realizar evaluaciones más precisas, llegando a niveles locales o zonales.

El programa calcula los cuatro tipos de daños (Figura 2.67):

- Daños directos sobre los elementos del territorio: edificios, Infraestructuras/equipamientos esenciales, Sistemas de transporte, agricultura, producción y vehículos
- Daños físicos inducidos. Debidos a incendios, o a la limpieza y desescombro.
- Daños directos económicos y sociales: Muertes, heridos, medidas de protección, daños económicos directos.
- Daños económicos indirectos

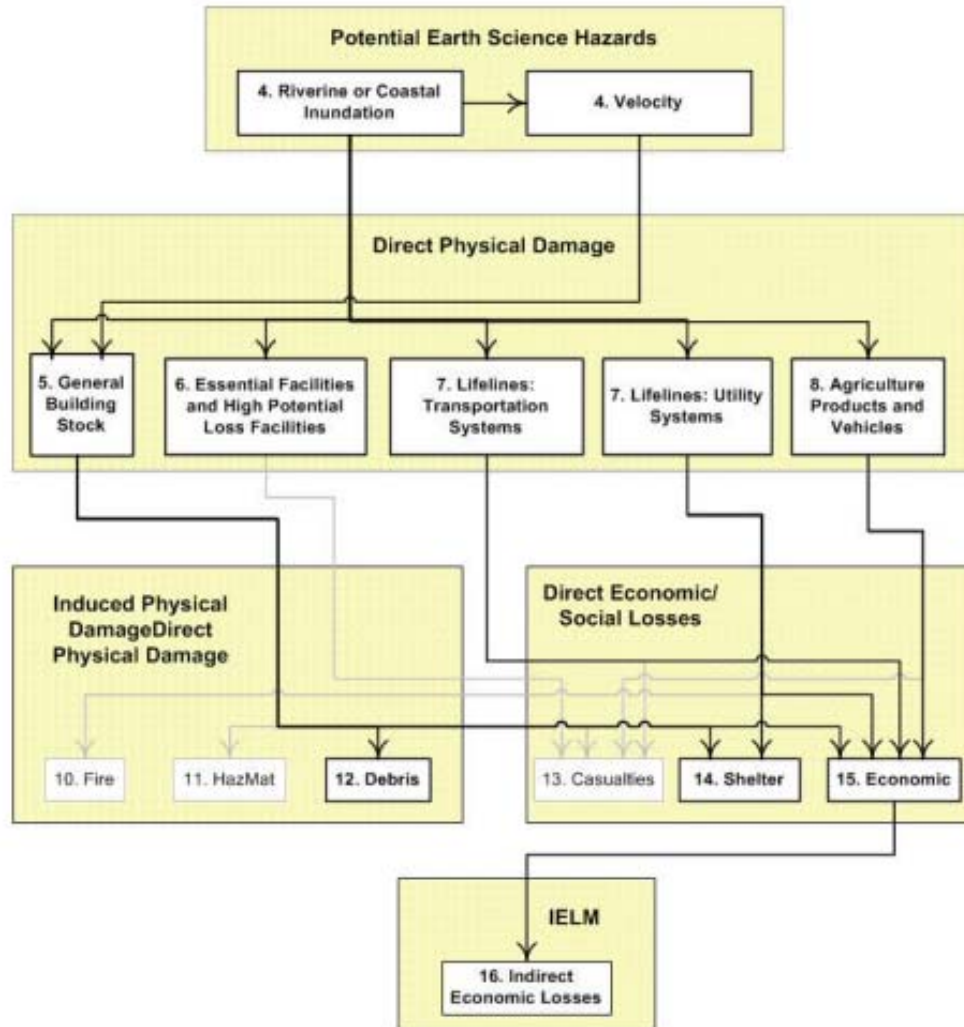


Figura 2.67. Modelo operativo de la metodología HAZUS para evaluación de daños producido por inundaciones
Fuente: (FEMA, 2003)

La aplicación del programa precisa de la construcción de una amplia base de datos de la zona siniestrada. Por ejemplo, el cálculo de daños potenciales en edificios se realiza a partir de la clasificación de los edificios en función del tipo de uso y sus capacidades (Tabla 2.37), el material de construcción, el número de plantas, la antigüedad, (Tabla 2.38). A partir de dichos parámetros se propone la utilización de una función de daño (Figura 2.68), que relaciona tres parámetros: la intensidad de la catástrofe, las características del edificio, el porcentaje de daños a que dará lugar.

No.	Label	Occupancy Class	Description
Medical Care Facilities			
1	EFHS	Small Hospital	Hospital with less than 50 Beds
2	EFHM	Medium Hospital	Hospital with beds between 50 & 150
3	EFHL	Large Hospital	Hospital with greater than 150 Beds
4	EFMC	Medical Clinics	Clinics, Labs, Blood Banks
Emergency Response			
5	EFFS	Fire Station	
6	EFPS	Police Station	
7	EFEO	Emergency Operation Centers	
Schools			
8	EFS1	Schools	Primary/ Secondary Schools (K-12)
9	EFS2	Colleges/Universities	Community and State Colleges, State and Private Universities

Tabla 2.37. Tipologías de ocupación de equipamientos esenciales
Fuente: (FEMA 2003, pp. 6-3)

Occupancy Class	Description	Age	Model Building Type	Basement	First Floor Elev. (ft)	Building Height	Damage Function	Depth Threshold for Functionality (feet)
EFHS	Small Hospital	Median	Concrete	Yes	3	Low	COM6	0.5
EFHM	Medium Hospital	Median	Concrete	Yes	3	Mid	COM6	0.5
EFHL	Large Hospital	Median	Concrete	Yes	3	Mid	COM6	0.5
EFMC	Medical Center	Median	Concrete	Yes	3	Low	COM7	0.5
EFFS	Fire Station	Median	Concrete	No	0	Low	GOV2	2
EFPS	Police Station	Median	Concrete	Yes	0	Low	GOV2	1
EFEO	Emergency Operations	Median	Concrete	Yes	0	Low	GOV2	1
EFS1	School	Median	Brick	No	0	Low	EDU1	0.5
EFS2	University	Median	Concrete	No	0	Low	EDU2	0.5

Tabla 2.38.. Tipos de edificios de equipamientos esenciales
Fuente: (FEMA , 2003, pp. 6-4)

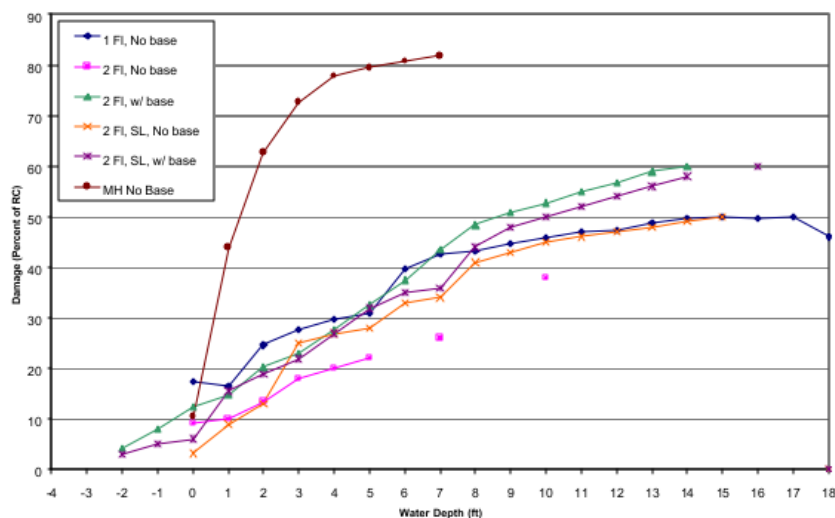


Figura 2.68. Funciones de daño por tipología de edificio
Fuente: (FEMA, 2003, pp. 6-4)

Metodología EMA

La Agencia de Emergencias Australiana (EMA) dispone de una guía para dar apoyo a la evaluación de daños postcatástrofe “*Disaster Loss Assessment Guidelines*” (EMA, 2002). La guía divide el proceso de evaluación de daños en doce fases:

([http://www.ema.gov.au/www/emaweb/RWPAttach.nsf/VAP/%283273BD3F76A7A5DEDAE36942A54D7D90%29~Manual27-DisasterLossAssessmentGuidelines.pdf/\\$file/Manual27-DisasterLossAssessmentGuidelines.pdf](http://www.ema.gov.au/www/emaweb/RWPAttach.nsf/VAP/%283273BD3F76A7A5DEDAE36942A54D7D90%29~Manual27-DisasterLossAssessmentGuidelines.pdf/$file/Manual27-DisasterLossAssessmentGuidelines.pdf)

[Consultada 15.03.2010]).

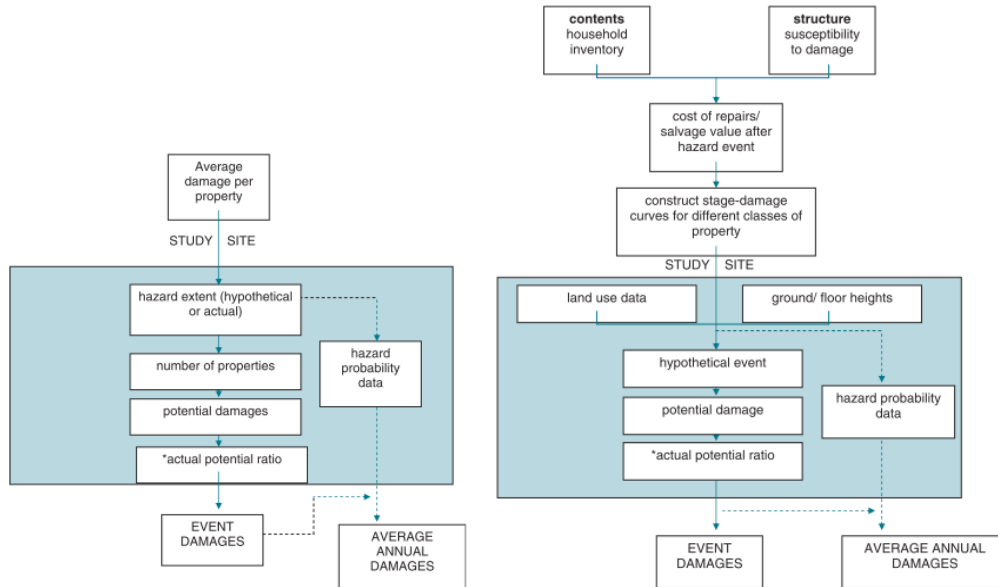
1. Identificación del objetivo de la evaluación de daños.
2. Organización de la fase de consulta y recogida de información
3. Definición del área geográfica de análisis y programación temporal de la actuación
4. Selección del tipo de evaluación a desarrollar. A este respecto se proponen tres tipos de evaluaciones (2.39, Figura 2.69):
 - a. ‘*Averaging approach*’, basada en uso de costes aproximados por unidad de pérdida obtenidos mediante encuestas (pe. coste m² edificio, coste metro lineal de carretera, etc.) para el cálculo de costes directos. Y la realización de encuestas para el cálculo de costes indirectos.
 - b. Aproximación sintética. Basada en predicción de pérdidas obtenida a partir de del uso de curvas de daño estándar.
 - c. Aproximación histórica o basada en el uso de encuestas.

Loss assessment approach	Direct loss			Indirect loss	Intangible loss
	Houses/small business	Commerce, farming (>1000m ³)	Infrastructure		
I Averaging	Average loss per flooded structure	Average loss per m ² for types of enterprise and surveys	Average per km of road and surveys*	Examine \$ flow and use surveys or % of direct	Identify types and magnitude Surveys
II Synthetic	Standard stage: damage curves for types of property	Stage: damage curves applied to m ³ for different types of business	Stage: damage and average loss per km depending on type of infrastructure	Examine \$ flow and use surveys	Identify types and magnitude Surveys
III Survey (based on sampling)	Surveys: new stage-damage curves	Surveys	Surveys	Surveys	Surveys

Tabla 2.39. Elementos básicos a considerar por los tres enfoques de evaluación de pérdidas
Fuente : (EMA, 2002, pp. 42)

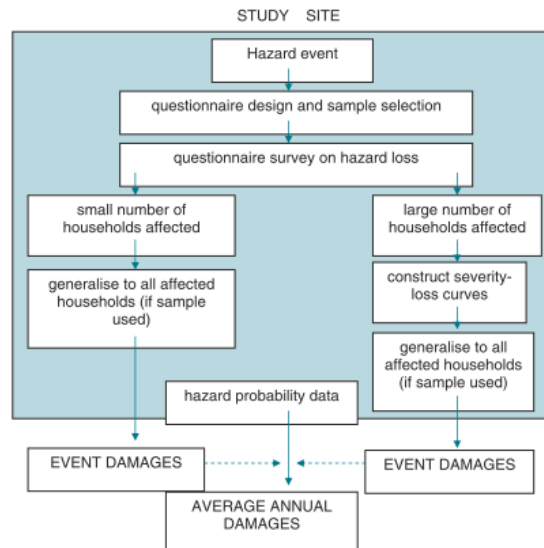
5. Obtención de información del peligro
6. Obtención de información de la población, bienes y actividades en riesgo
7. Identificación de los tipos de pérdidas
8. Valoración de las pérdidas en todos los ámbitos

9. Decidir la consideración de pérdidas reales o potenciales
10. Calculo de la media anual de daños
11. Evaluación de los beneficios potenciales del desastre en la región de análisis
12. Estructuración y presentación de resultados



Averaging approach

Synthetic approach



Survey approach

Figura 2.69. Enfoques del proceso de evaluación de pérdidas postcatástrofe
Fuente : (EMA, 2002)

La EMA recomienda que el proceso de evaluación de pérdidas sea:

- Transparente de forma que los distintos fases deben poder seguirse fácilmente
- Consistente y estandarizado para permitir comparaciones

- Replicable para permitir la validación de la evaluación, y
- Realista, desde el punto de vista económico, de forma que las pérdidas inventariadas representen las pérdidas reales en la economía.

Otros métodos de evaluación

Fiorucci (FIORUCCI, GAETAINI, et al., 2002) propone un método de evaluación de pérdidas a partir de la modelización del sistema territorial. Considera al territorio como un sistema complejo formado por elementos y sus relaciones funcionales e identifica dos tipos de elementos físicos:

- las viviendas. Como elemento de demanda de servicios de emergencia sus atributos serían; número habitantes, superficie,
- centros operativos y estructuras sanitarias (hospitales, centros salud, etc.).

Para cada elemento considerado se definen tres variables: el nivel de integridad física y el nivel de integridad funcional, y el coste.

2.9.4. Escalas de daños y peligros

Se han propuesto diversas escalas e índices para la medición de la intensidad de un desastre a partir de la descripción de los daños que producen. Dichas escalas proponen un nivel de daño en relación a una determinada intensidad del evento.

Las principales escalas de daños utilizadas para distintos tipos de eventos naturales son las siguientes:

- Escala Mercali : Es una escala de 12 niveles realizada para evaluar la intensidad de los terremotos a través de los efectos y daños causados a distintas estructuras. Los niveles bajos se relacionan a la percepción por parte de las personas, los niveles altos a los daños estructurales en los edificios. Fue creada en 1902 por el sismólogo italiano Giuseppe Mercalli. Para establecer la intensidad se recurre a la revisión de registros históricos, entrevistas, prensa escrita. Los valores podrán ser diferentes en función del lugar donde se ha realizado la medida. (DOWRICK, 1996) (Figura 2.70).

Grado	Descripción
I. Muy débil	No se advierte sino por unas pocas personas y en condiciones de perceptibilidad especialmente favorables.
II. Débil	Se percibe sólo por algunas personas en reposo, particularmente aquellas que se encuentran ubicadas en los pisos superiores de los edificios.
III. Leve	Se percibe en los interiores de los <u>edificios y casas</u> .
IV. Moderado	Los objetos colgantes oscilan visiblemente. La sensación percibida es semejante a la que produciría el paso de un <u>vehículo</u> pesado. Los automóviles detenidos se mecen.
V. Bastante fuerte	La mayoría de las personas lo percibe aun en el exterior. Los líquidos oscilan dentro de sus recipientes y pueden llegar a derramarse. Los péndulos de los <u>relojes</u> alteran su ritmo o se detienen. Es posible estimar la dirección principal del movimiento sísmico.
VI. Fuerte	Lo perciben todas las personas. Se siente inseguridad para caminar. Se quiebran los <u>vidrios</u> de las ventanas, la vajilla y los objetos frágiles. Los muebles se desplazan o se vuelcan. Se hace visible el movimiento de los árboles, o bien, se les oye crujir.
VII. Muy fuerte	Los objetos colgantes se estremecen. Se experimenta dificultad para mantenerse en pie. Se producen daños de consideración en estructuras de albañilería mal construidas o mal proyectadas. Se dañan los muebles. Caen trozos de mampostería, ladrillos, parapetos, cornisas y diversos elementos arquitectónicos. Se producen ondas en los <u>lagos</u> .
VIII. Destructivo	Se hace difícil e inseguro el manejo de vehículos. Se producen daños de consideración y aun el derrumbe parcial en estructuras de albañilería bien construidas. Se quiebran las ramas de los árboles. Se producen cambios en las corrientes de agua y en la temperatura de vertientes y pozos.
IX. Ruinoso	Pánico generalizado. Todos los edificios sufren grandes daños. Las casas sin cimentación se desplazan. Se quiebran algunas canalizaciones subterráneas, la tierra se fisura.
X. Desastroso	Se destruye gran parte de las estructuras de albañilería de toda especie. El agua de <u>canales, ríos y lagos</u> sale proyectada a las riberas.
XI. Muy desastroso	Muy pocas estructuras de albañilería quedan en pie. Los rieles de las vías férreas quedan fuertemente deformados. Las cañerías subterráneas quedan totalmente fuera de servicio.
XII. Catastrófico	El daño es casi total. Se desplazan grandes masas de roca. Los objetos saltan al aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionados.

Figura 2.70. Escala de Mercalli (Modificada en 1931 por Harry O. Wood y Frank Neuman)

Fuente : http://www.digesa.minsa.gob.pe/desastre/img/escala_mercalli.jpg

-La escala Beaufort es también una escala empírica para la medida de la intensidad del viento en función de sus efectos en el mar y en tierra. Fue creada en 1805 por Sir Francis Beaufort un almirante irlandés de la Royal Navy para describir la velocidad del viento en función del estado de la mar. En 1850 se le dio un uso no naval y la escala numérica se asoció a las medidas tomadas por un anemómetro. La escala puede expresarse por una fórmula $v = 0,837 B^{3/2}$ m/s (v : velocidad del viento, B , número escala de Beaufort).(http://www.riskfrontiers.com/damage_scales5.html [visitado 12.10.2008]) (Figura 2.71)

Número de Beaufort	Velocidad del viento (km/h)	Nudos (millas náuticas/h)	Denominación	Aspecto de la mar	Efectos en tierra
0	0 a 1	< 1	Calma	Despejado	Calma, el humo asciende verticalmente
1	2 a 5	1 a 3	Ventolina	Pequeñas olas, pero sin espuma	El humo indica la dirección del viento
2	6 a 11	4 a 6	Flojito (Brisa muy débil)	Crestas de apariencia vitrea, sin romper	Se mueven las hojas de los árboles, empiezan a moverse los molinos
3	12 a 19	7 a 10	Flojo (Brisa débil)	Pequeñas olas, crestas rompientes.	Se agitan las hojas, ondulan las banderas
4	20 a 28	11 a 16	Bonancible (Brisa moderada)	Borreguillos numerosos, olas cada vez más largas	Se levanta polvo y papeles, se agitan las copas de los árboles
5	29 a 38	17 a 21	Fresquito (Brisa fresca)	Olas medianas y alargadas, borreguillos muy abundantes	Pequeños movimientos de los árboles, superficie de los lagos ondulada
6	39 a 49	22 a 27	Fresco (Brisa fuerte)	Comienzan a formarse olas grandes, crestas rompientes, espuma	Se mueven las ramas de los árboles, dificultad para mantener abierto el paraguas
7	50 a 61	28 a 33	Frescachón (Viento fuerte)	Mar gruesa, con espuma arrastrada en dirección del viento	Se mueven los árboles grandes, dificultad para andar contra el viento
8	62 a 74	34 a 40	Temporal (Viento duro)	Grandes olas rompientes, franjas de espuma	Se quiebran las copas de los árboles, circulación de personas dificultosa
9	75 a 88	41 a 47	Temporal fuerte (Muy duro)	Olas muy grandes, rompientes. Visibilidad mermada	Daños en árboles, imposible andar contra el viento
10	89 a 102	48 a 55	Temporal duro (Temporal)	Olas muy gruesas con crestas empenachadas. Superficie del mar blanca.	Árboles arrancados, daños en la estructura de las construcciones
11	103 a 117	56 a 63	Temporal muy duro (Borrasca)	Olas excepcionalmente grandes, mar completamente blanca, visibilidad muy reducida	Estragos abundantes en construcciones, tejados y árboles
12	118 y más	64 a 71 >	Temporal huracanado (Huracán)	El aire está lleno de espuma y rociaciones. Enorme oleaje. Visibilidad casi nula	Destrucción total

Figura 2.71. Escala de Beaufort

Fuente: (http://es.wikipedia.org/wiki/Escala_de_Beaufort [visitado 12.10.2008])

- La escala de huracanes Saffir-Simpson clasifica los huracanes en función de la intensidad del viento. Fue propuesta por Hebert Saffir y Bob Simpson director del Centro Nacional de Huracanes de Estados Unidos. (SIMPSON, 1981) (Figura 2.72).

1	Velocidad del viento	33–42 m/s	119–153 km/h	64–82 kt	74–95 mph
	Marea		1.2–1.5 m		4–5 ft
	Presión central		980 hPa		28.94 pulg Hg
	Nivel de daños	Sin daños en las estructuras de los edificios. Daños básicamente en casas flotantes no amarradas, arbustos y árboles. Inundaciones en zonas costeras y daños de poco alcance en puertos.			
	Ejemplos	Huracán Agnes – Huracán Danny – Huracán Vince – Huracán Lorenzo			
2	Velocidad del viento	43–49 m/s	154–177 km/h	83–95 kt	96–110 mph
	Marea		1.8–2.4 m		6–8 ft
	Presión central		965–979 hPa		28.50–28.91 *Hg
	Daños potenciales	Daños en tejados, puertas y ventanas. Importantes daños en la vegetación, casas móviles, etc. Inundaciones en puertos así como ruptura de pequeños amarres.			
	Ejemplos	Huracán Bonnie – Huracán Diana – Huracán Erin			
3	Velocidad del viento	50–58 m/s	178–209 km/h	96–113 kt	111–130 mph
	Marea		2.7–3.7 m		9–12 ft
	Presión central		945–964 hPa		27.91–28.47 *Hg
	Daños potenciales	Daños estructurales en edificios pequeños. Destrucción de casas móviles. Las inundaciones destruyen edificaciones pequeñas en zonas costeras y objetos a la deriva pueden causar daños en edificios mayores. Posibilidad de inundaciones tierra adentro.			
	Ejemplos	Huracán Alicia – Huracán Isidoro – Huracán Jeanne			
4	Velocidad del viento	59–69 m/s	210–249 km/h	114–135 kt	131–155 mph
	Marea		4.0–5.5 m		13–18 ft
	Presión central		920–944 hPa		27.17–27.88 *Hg
	Daños potenciales	Daños generalizados en estructuras protectoras, desplome de tejados en edificios pequeños. Alta erosión de bancales y playas. Inundaciones en terrenos interiores.			
	Ejemplos	Huracán Dennis – Huracán Frances – Huracán Paulina			
5	Velocidad del viento	≥70 m/s	≥250 km/h	≥136 kt	≥156 mph
	Marea		≥5.5 m		≥18 ft
	Presión central		<920 hPa		<27.17 *Hg
	Daños potenciales	Destrucción de tejados completa en algunos edificios. Las inundaciones pueden llegar a las plantas bajas de los edificios cercanos a la costa. Puede ser requerida la evacuación masiva de áreas residenciales.			
	Ejemplos	Huracán Andrew – Huracán Dean – Huracán Gilberto – Huracán Hugo – Huracán Katrina – Huracán Mitch – Huracán Wilma – Huracán Allen Huracán Isidoro			

Figura 2.72. Escala de Huracanes de Saffir-Simpson

Fuente: (http://es.wikipedia.org/wiki/Escala_de_Huracanes_de_Saffir-Simpson [visitado 12.10.2008])

SCALE	WIND ESTIMATE *** (MPH)	TYPICAL DAMAGE
F0	< 73	Light damage. Some damage to chimneys; branches broken off trees; shallow-rooted trees pushed over; sign boards damaged.
F1	73-112	Moderate damage. Peels surface off roofs; mobile homes pushed off foundations or overturned; moving autos blown off roads.
F2	113-157	Considerable damage. Roofs torn off frame houses; mobile homes demolished; boxcars overturned; large trees snapped or uprooted; light-object missiles generated; cars lifted off ground.
F3	158-206	Severe damage. Roofs and some walls torn off well-constructed houses; trains overturned; most trees in forest uprooted; heavy cars lifted off the ground and thrown.
F4	207-260	Devastating damage. Well-constructed houses leveled; structures with weak foundations blown away some distance; cars thrown and large missiles generated.
F5	261-318	Incredible damage. Strong frame houses leveled off foundations and swept away; automobile-sized missiles fly through the air in excess of 100 meters (109 yds); trees debarked; incredible phenomena will occur.

El Departamento de Geografía Física de la University Macquarie de Sydney desarrolla un proyecto de investigación desde hace unos años en el análisis de las escalas de daños dirigido

por Dr. Russell Blong. (http://www.riskfrontiers.com/damage_scales.html [consultado 12.10.2008]) . Blong (BLONG, 2003) realiza un estudio de diversas escalas de evaluación de daños en relación a los efectos causados por eventos catastróficos sobre construcciones. A partir de su evaluación establece que cualquier escala debería tener una escala de daño:

- Simplicidad de uso y claridad.
- Credibilidad.
- Debe estar basada en el uso de datos objetivos y de calidad.
- Robusta, que sea objetivo la asignación de una intensidad al evento.
- Universal (*cross-cultural*).
- Capacidad de representar la variabilidad espacial.

Las escalas de daño existentes utilizan una escala de tipo nominal, ordinal, intervalo o de razón para expresar el nivel de daño y normalmente sus valores oscilan entre 5 y 15 clases.

Blong ha propuesto una escala conocida como *Damage Index 1999* basado en la integración de diversas escalas. Se trata de un índice que permite evaluar las pérdidas producidas en edificios derivados de costes de construcción por metro cuadrado y un ratio de costes de reemplazamiento en función de un rango de intensidades de peligros naturales. El índice ha sido probado en Australia, pero puede ser utilizado en cualquier otro lugar.

$$Damage\ Index\ (HE) = Long_2\ número\ edificios \times RR \times CDV$$

RR es el ratio de reemplazo. Se basa en normalizar el coste de reemplazo de cualquier edificio en base al número de casas medias. $RR = Coste\ reemplazo\ vivienda\ (Área\ total / Área\ de\ una\ casa\ media)$. CDV es el Valor Central de Daño. Normalmente se habla de cinco clases : bajo, moderado, alto, severo y colapso que se corresponde a una escala de cinco valores 0.02, 0.1, 0.4, 0.75, y 1 de coste de reemplazamiento. Por tanto el daño se expresaría en número de viviendas medias totalmente destruidas 'House Equivalents'.

La componente geográfica de la catástrofe no es contemplada por los índices de daño existentes. La extensión geográfica de la catástrofe se considera un atributo más de la misma, pero no se utiliza como un factor de clasificación.

Las escalas de daño existentes tampoco hacen referencia con detalle a los elementos dañados. Normalmente se suele referir a los daños sobre las construcciones. Una escala de daño elevada se asimila una intensidad de pérdidas, pero no transmite conocimiento de los elementos dañados, si son personas, si son infraestructuras, si son recursos medioambientales.

Existe alguna referencia en la clasificación de desastres en función del número de víctimas mortales (AYALA-CARCEDO & GONZÁLEZ JIMÉNEZ, 2006), pero no se han encontrado referencias acerca escalas de daños que expresen la magnitud de las pérdidas económicas.

2.9.5. Daños sobre las componentes del territorio

Los efectos de las catástrofes sobre el territorio son múltiples y su evaluación aconseja un tratamiento multidisciplinar realizado por técnicos especializados en distintas especialidades (geógrafos, economistas, ingenieros, arquitectos, biólogos, etc.) que se ocupen de la valoración de las distintas componentes territoriales: demografía y aspectos sociales, infraestructuras, economía, medioambiente, etc.

2.9.5.1. Daños sobre la población

Ayala (AYALA-CARCEDO & GONZÁLEZ JIMÉNEZ, 2006) señala que en la valoración de impacto ocasionado por la incidencia de desastres naturales en la población hay que diferenciar dos niveles. El primero, sería el nivel individual, que hace referencia al número de muertos, heridos (corta y larga duración), damnificados (personas evacuadas), personas con desórdenes psicológicos, desempleados y todos aquellos que pierden su modo de vida. Y un segundo nivel el social, en el cual se deben identificar evidencias de la desestructuración del sistema familiar y la destrucción de las redes sociales existentes antes del desastre.

En aquellos casos que no sea viable el recuento directo del número de afectados se podrá optar por su cálculo a partir de la estimación de la población que se encontraba potencialmente en la zona del desastre. Para ello, se recurre a datos de los censos o padrones, cuyos datos de no estar actualizados deberán ser proyectados a la situación actual. En este sentido el Manual CEPAL (CEPAL, 2003, pp. 31) propone la aplicación de la siguiente expresión:

$$Pd = Po * e^{rt}$$

Pd = Población el día del desastre; Po = última estimación oficial de la población; r = tasa anual de crecimiento exponencial del año; t = años transcurridos desde el padrón y el desastre.

La evaluación de los daños sobre la mujer, es un indicador utilizado para la evaluación del coste de la catástrofe.

El Estudio de Floris (*Flood Risk and safety in the Netherlands. Floris study*) (MINISTERIE VAN VERKEEN EN WATERSTAAT, 2005) propone una metodología para la determinación del número de víctimas de una inundación basado en la utilización de técnicas SIG. En primer lugar evalúa la población existente en una zona, después analiza la capacidad de evacuación y finalmente estima el número de víctimas potenciales (Figura 2.73).

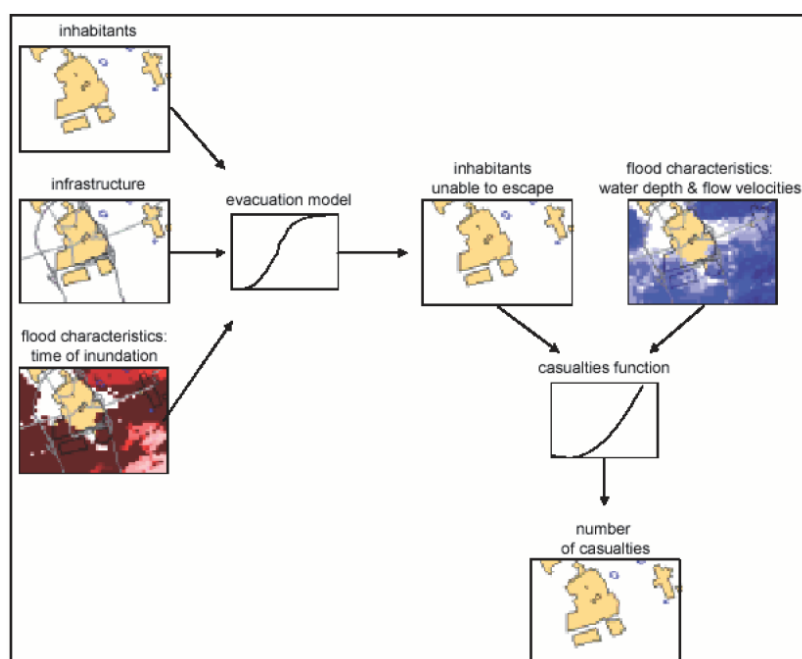


Figura 2.73.. Modelo de evaluación de víctimas a causa una inundación
Fuente: (MINISTERIE VAN VERKEEN EN WATERSTAAT, 2005)

2.9.5.2. Viviendas

Uno de los efectos negativos de los desastres de mayor importancia sobre la población es el daño causado sobre sus viviendas. El nivel de daño, puede ir desde pérdidas parciales del contenido, cubiertas, fachadas, hasta el colapso total de las mismas. La evaluación de daños normalmente tiene en cuenta el nivel de destrucción de la vivienda contenido y continente.

En las evaluaciones realizadas por organismos internacionales tras los desastres la información recogida en torno a las viviendas incluye al grado de destrucción y la valoración de que se encontrasen o no habitadas. En la tabla 2.40, se muestra un ejemplo de tabla de un informe de valoración de daños en vivienda realizado por la CEPAL en la evaluación de los efectos del Huracán Mitch en el Salvador.

EL SALVADOR: DAÑOS EN EL SECTOR VIVIENDA

(Miles de colones)

	Total	Daños directos	Daños indirectos
Total	118,105	48,300	69,805
Viviendas dañadas y destruidas	31,500	31,500	
Daños y pérdidas en mobiliario y equipamiento	16,800	16,800	
Viviendas provisionales	41,516		41,516
Pérdida de rentas de viviendas	28,289		28,289

Fuente: CEPAL, sobre la base de cifras oficiales y cálculos propios.

Tabla 2.40. Daños sobre la vivienda producidos por el Huracán Mitch en el Salvador
Fuente : (UN/ CEPAL, 2004)

La evaluación de daños sobre las viviendas debería recoger información de los siguientes aspectos:

- número de viviendas afectadas
- tipología de las viviendas (tamaños, alturas,)
- Material construcción
- Usos de las construcciones

También debería describirse la tipología de daños provocado por los desastres en las edificaciones, distinguiendo:

- Daños estructurales
- Daños no estructurales
- Daños en contenido (mobiliario, equipamientos)

2.9.5.3. Equipamiento educativo

La evaluación de daños sobre el equipamiento educativo es una tarea necesaria ya que representa un tipo de equipamiento de primera necesidad cuya destrucción provoca efectos nocivos sobre la población a corto, medio y largo plazo. Es precisa la identificación de los siguientes elementos dañados:

- Número de centros del sector público / nº centros del Sector privado
- Nº aulas, nº plazas afectadas

2.9.5.4. Equipamiento sanitario

El equipamiento sanitario juega un papel fundamental en la recuperación de los desastres, particularmente de la población afectada. Por ello, es de gran importancia que sea lo menos vulnerable posible frente a amenazas y pueda resistir el impacto de los desastres. El equipamiento sanitario incluye diversas infraestructuras como hospitales, clínicas, centros de atención, laboratorios, farmacias, etc.

Los costes sanitarios derivados de un desastre también suelen ser una de las partidas de mayor importancia.

La Organización Panamericana de Salud (Pan American Health Organization) (PAHO, 2003) ha publicado una guía para ayudar a la mitigación de los efectos de los desastres en las infraestructuras sanitarias en la cual señala los siguientes efectos (figura 2.74):

- Costes de tratamiento a las víctimas (cuidado médico, consumo medicamentos, incremento de personal, transporte víctimas).
- Costes de intervenciones sanitarias y epidemiológica (tratamiento de aguas, control sanitario, vacunaciones, analíticas, etc.,
- Daños a las infraestructuras (costes demolición, costes mitigación, costes de reparación y reposición).
- Otros efectos (impacto sobre el sistema sanitario, aumento listas de espera, etc.)

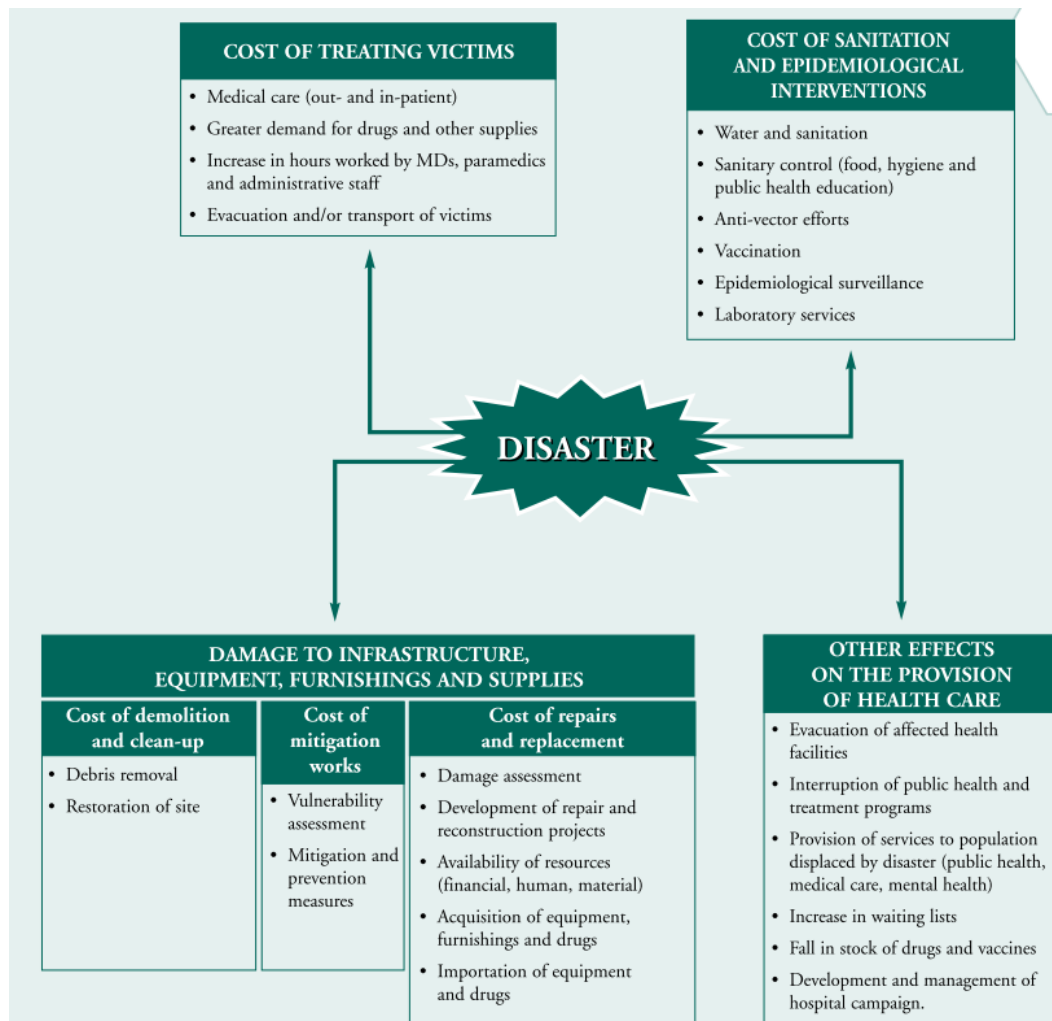


Figura 2.74. Impacto de los desastres sobre infraestructuras sanitarias
Fuente : (PAHO, 2003)

2.9.5.5. Daños sobre infraestructuras

Los daños provocados por los desastres sobre las infraestructuras territoriales dependen en gran medida del tipo de desastre y de las infraestructuras consideradas. Cuny (CUNY, 1983) realiza una clasificación de los efectos de los desastres sobre las infraestructuras que recoge la tabla 2.41.

Type of disaster	General effects	Effects on infrastructure
Earthquakes	Tremors and cracks Landslides Liquefaction Underground settling and rock falls Avalanches and landslides Changes in underground water courses Fires	Damage to constructions Diverse damage in roads, bridges, dikes and channels Broken ducts: pipes, posts and wires damage to dams, overflow of rivers causing local floods Sinking of structures and buildings Deterioration of underground constructions Destruction and damage to urban infrastructure (networks, streets, equipment and furniture) Fires
Hurricanes, typhoons and cyclones	Strong winds, both steady and gusts Floods (due to rain and swollen and overflowing rivers)	Damage to buildings Impact-damaged, broken and fallen power distribution lines, especially overhead Damage to bridges and roads due to landslides, avalanches and mudslides
Drought	Drying and cracking of the earth and loss of vegetation Exposure to wind erosion Desertification	Does not cause major losses to infrastructure
Floods	Erosion Water saturation and destabilization of soils, landslides Sedimentation	Loosening of building foundations and piles Burial and slippage of constructions and infrastructure works Blockage and silting of channels and drains
Tsunamis	Floods Salinization and sedimentation in coastal areas Contaminated water and water table	Destroyed or damaged buildings, bridges, roads, irrigation and drainage systems
Volcanic eruptions	Fires, loss of plant cover Deposit of incandescent material and lava Deposit of ash Deterioration of soils due to settling of air-borne chemicals Landslides, avalanches and mudslides Liquefaction Melting ice and snow, avalanches	Destroyed buildings and all types of infrastructure Collapsed roofs due to ash deposits Burial of buildings Fires Affect on channels, bridges and overhead and underground conduction and transmission lines

Tabla 2.41 . Efectos de los desastres sobre las infraestructuras
Fuente : (CUNY, 1983)

Las infraestructuras son necesarias para el correcto progreso de las poblaciones que se desarrollan en un territorio. Tal como vimos en capítulos anteriores algunas de ellas se consideran elementos esenciales que hacen viable el suministro de recursos y energía a las poblaciones. A causa de los desastres naturales las infraestructuras pueden experimentar daños que provocan además de una reducción de la calidad de vida de las personas, pueden poner en riesgo su propia supervivencia.

Las principales infraestructuras a considerar en un proceso de evaluación de daños derivado de un desastre natural se incluyen en los siguientes sectores:

- Sector energético:
 - o Sector eléctrico: Estaciones generadoras (centrales térmicas, centrales hidroeléctricas,) / Sistemas de transmisión y distribución : líneas de alto voltaje, torres eléctricas, líneas baja tensión, postes.
 - o Sector petroquímico (combustibles): Producción y refinamiento (pozos, refinerías, etc.), Distribución.
- Sector agua:
 - o Almacenamiento y canalización agua potable.
 - o canalización y tratamiento aguas sucias.
- Sector residuos: distribución, transformación.
- Sector transportes: Tipo carretera, Tipo de vía férrea, Puentes, Aeropuertos, Puertos, Infraestructura costera.
- Sector Comunicaciones: telefonía, radio, televisión.

La agencia Federal de Emergencias de Estados Unidos de América: (OZISIK, 2004) (<http://www.fema.es>) identifica los siguientes elementos como esenciales para recuperar tras una emergencia (Tabla 2.42):

FEMA response and recovery requirements		
1. Casualties /injured people	8.Petroleum distribution centers	15. Interstate highways, roads and bridges
2. Homes affected	9. Petro-chemical or industrial complexes	16. Sewage treatment plants
3. Location of hospitals	10. Television stations	17. Water distribution systems
4. Location of nursing homes	11. Telephone systems	18. Water distribution systems
5. Location of schools	12. Location of airports	19. Food distribution warehouses
6. Energy distribution systems	13. Railway lines / systems	20. Ports and harbors and impact on navigation
7. Collapsed structures	14. Mass transit, including bus/ rail systems	21. Structural, forest or other types of fires

Tabla 2.42. Requerimientos de información para dar apoyo a las funciones de emergencia
Fuente : (OZISIK, 2004)

2.9.5.6. Daños económicos

Los impactos económicos provocados por un desastre son múltiples y se dividen en: tangibles (medibles en términos económicos) de tipo directo e indirectos, e intangibles (difíciles de expresar en unidades monetarias) (Figura 2.75).

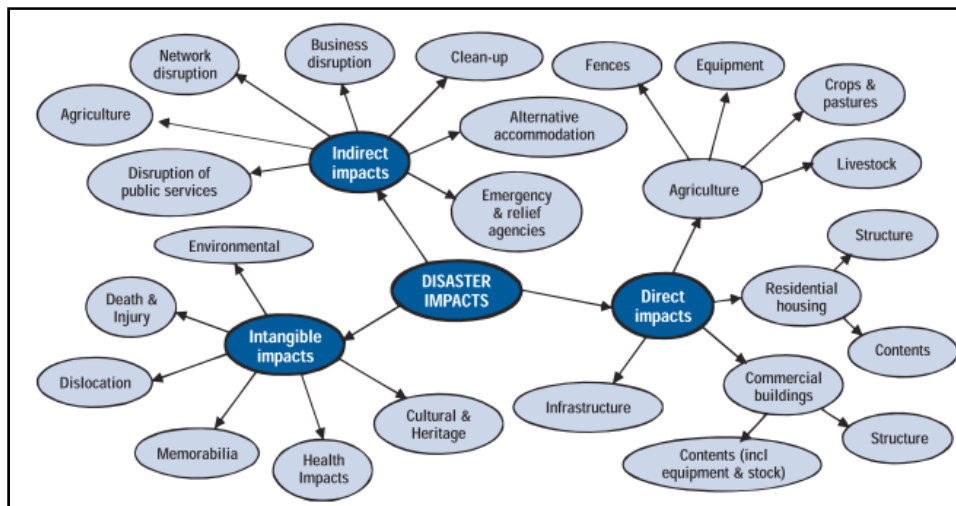


Figura 2.75. Impactos Económicos de un Desastre
Fuente : (EMA, 2002)

Los impactos económicos directos se producen a consecuencia de pérdidas en:

- infraestructura pública y equipamientos.
- sectores económicos:
 - sector primario: tipología de cultivos, almacenaje, granjas ganaderas, etc.
 - sector secundario: establecimientos industriales y comerciales.
 - sector terciario: sector servicios, turismo, establecimientos turísticos, establecimientos oferta complementaria, establecimientos ocio.
- residencias de la población.

Los impactos económicos indirectos incluyen:

- Lucro cesante (pérdidas en la producción y ventas derivadas del desastre).
- Incremento de costes.

Los impactos económicos intangibles incluyen una amplia serie de aspectos como:

- Disminución de la actividad privada.
- Pérdida de confidencialidad y liderazgo.
- Pérdida de contratos pendientes.
- Pérdida de personal capacitado.
- Reducción actividad pública.
- Muerte, enfermedad, penurias psicológicas.
- Pérdida de bienes culturales.
- Pérdida de bienes ambientales.
- Falta de acceso a infraestructuras y servicios (educación, salud, defensa, museos, etc.).
- Reducción de la actividad de la población.
- Pérdida de recursos
- Reducción calidad de vida.

- Etc.

Para la estimación de las pérdidas económicas generadas por un evento catastrófico muchos autores optan por el modelo *Input-Output* desarrollado por Leontief en los años treinta y cuarenta. Las tablas *Input-Output* son particularmente útiles en el estudio de flujo de bienes y servicios, lo cual nos permite distinguir varios tipos de efectos directos e indirectos derivados de un evento catastrófico.

Tras el desastre se genera una incertidumbre en múltiples aspectos sobre sus efectos que incluye sin duda el económico. Okuyama señala *“Uncertainty arises after a disaster because first, the extent and range of direct damage are unknown right after the event; second, the trends of economic activities, especially the fluctuation of demand, become unclear in the short run; and third, the influx of demand injections for recovery and reconstruction activities makes the long-run forecast of economic growth in the region difficult... on the other hand, the degree of uncertainty over time requires a careful treatment”*. (OKUYAMA, 2003)

VANDERVEEN (VAR DER VEEN & LOGTMEIJER, 2005) señala que la evaluación económica del coste de los desastres es una tarea compleja señalando diversos motivos:

- Las evaluaciones de costes económicos utilizan métodos mixtos que combinan métodos de evaluación financieros con análisis coste-beneficio.
- Existe una confusión en las escalas espaciales y temporales de análisis. El análisis financiero normalmente establece unos límites específicos, mientras que el análisis coste-beneficio requiere ampliar los límites de la evaluación a regiones o estados.
- Existe una confusión en la definición de costes directos. En ocasiones se solapan las evaluaciones de costes.
- En la evaluación de costes de los desastres es común la confusión de los conceptos de stock y flujo, así como no existe una división clara entre costes directos e indirectos.

La EMA (EMA, 2002) señala que los desastres provocan efectos directos sobre las variables económicas que pueden ser objeto de evaluación utilizando diversos métodos (Tabla 2.43).

Method	Approach	Values estimated	Data availability	Suited to	Problems and advantages
Travel Cost Method	Estimate demand curve for resource based on costs incurred by users	Consumer surplus minimal	Simple survey of users and origins plus secondary data	Major recreational sites distant from population centres	Only estimates benefits to present users
Hedonic Price Method	Estimate house price differences related to variations in environmental characteristics	Revealed willingness to pay to live in different environments	Requires public availability of house price data, or interview survey, plus house survey	Valuing local environmental quality	Can be used to estimate value for differences in hazard risk, but theoretical basis uncertain and likely to double count
Contingent Valuation Method	Direct estimation of willingness to pay using questionnaire 'bidding' methods	Consumer surplus or total loss of utility	Requires well designed, implemented, and validated interview survey	Recreational sites, environmental hazards	Widely criticised and widely used. Can estimate non-use values (option, bequest) but cannot be done 'off the shelf'
Least Cost Alternative	Uses market values for alternate uses of resources absorbed in non-market activity	Opportunity cost/ cost forgone by present preferences	Requires values for alternatives and that there are alternatives	Implications of land use controls	Avoids interview surveys, but value may not relate with consumer surplus
Shadow Project/ replacement cost	Cost of recreating a site	Opportunity cost of rebuilding.	Assumes recreating possible	Smaller ecological sites	Not applicable if value depends on an undisturbed location

Tabla. 2.43. Métodos de evaluación económica de pérdidas intangibles

Fuente : (EMA, 2002)

Zhang et al. proponen un método para la evaluación de los daños provocados por eventos meteorológicos sobre los cultivos de maíz en una región china haciendo uso de un SIG (ZHANG, OKADA, et al. 2004 #2150).

2.9.5.7. Daños sobre el medio ambiente

Los efectos de los desastres naturales sobre el medio ambiente no es un tema especialmente tratado en la literatura científica con la excepción del estudio de los efectos de los incendios forestales sobre las comunidades naturales. En general se aprecia mayor interés en el análisis del efecto de los desastres de origen antrópico (vertidos, contaminación, etc.) sobre el medioambiente.

Los desastres naturales pueden deberse a fenómenos naturales a escala planetaria (pe. caída meteoritos, erupciones volcánicas, etc.) que pueden dar lugar a cambios climáticos y alternaciones significativas en las condiciones ambientales que afectan de forma directa a los ecosistemas.

Los factores medioambientales de tipo abiótico, biótico y socioeconómico se pueden ver afectados por los desastres naturales de diversas formas en función del tipo de evento catastrófico y el tipo de factor ambiental considerado. Existen diversas referencias al respecto:

- Belennow ha desarrollado el modelo WINDA para la evaluación de los daños provocados por el viento en zonas forestales basándose en el uso de un SIG y la integración de diversos modelos matemáticos de simulación de daños (BELENNOW & SALLNAS, 2004). El modelo facilita a los planificadores la selección de especies

conforme a las condiciones ambientales (tipo de suelos, exposición, pendientes, etc.) con objeto de minimizar las pérdidas potenciales derivadas de un temporal.

- King (KING, OLTHOF, et al., 2005) propone un método de valoración de daños forestales provocados por tormentas a partir de la utilización de métodos de teledetección y SIG basándose en estudios ambientales.

2.9.5.8. Daños sobre otros elementos territoriales

Los desastres naturales pueden provocar efectos negativos sobre todo el patrimonio territorial que se da cita en la zona de afectación incluyendo su población, infraestructuras y equipamientos, tejido productivo, medio natural, etc.

El patrimonio cultural puede verse afectado por una catástrofe. Dependiendo del bien afectado, los daños pueden ser de tipo estructural (afectando infraestructuras, edificaciones, etc.), así como también afectando propiamente los bienes culturales (construcciones, esculturas, pinturas, etc.). En este ámbito FITZNER (FITZNER, HEINRICH et al., 2002) propone una metodología para la evaluación de daños de monumentos históricos de piedra derivadas de terremotos.

2.9.6. Daños y Peligros

2.9.6.1. Terremotos

Los principales daños ocasionados por los terremotos se producen en las edificaciones. Por ello para la estimación de pérdidas es importante disponer de un inventario estructurado de sus características constructivas así como de su ocupación y contenido. Además para la evaluación de predicciones también es necesaria información sobre el peligro sísmico que incluye datos sobre la geología, geomorfología, tectónica, sismicidad, tipos de suelo, así como algún otro tipo de elementos atenuantes. Son pocas las ciudades y entidades de población que mantienen inventarios actualizados de sus edificaciones y ello es la principal causa de la falta de precisión en los estudios de evaluación de pérdidas potenciales derivadas de terremotos.

La simulación de daños producida por terremotos ha sido realizada con profusión a nivel de cálculo de víctimas humanas potenciales (BADAL, VAZQUEZ-PRADA, et al. ,2005) y daños sobre edificios e infraestructuras.

Existen numerosas referencias sobre evaluación de daños provocados por terremotos:

- Bendimerad, (BENDIMERAD, 2001) evalúa la influencia de los distintos tipos de suelo sobre los daños y costes producidos por terremotos.

- TORRES VERA, propone un método de cálculo de vulnerabilidades y valoración de daños provocados sobre sistemas esenciales en Barcelona provocados por terremotos. (TORRES-VERA & CANAS, 2003).
- SCHWEIER (SCHWEIER, MARKUS, et al., 2004) propone una metodología de análisis de los daños postcatástrofe sobre edificios basado en la combinación de técnicas de CAD y sistema de escaneo laser de edificios. A partir del diseño de modelos CAD de edificios no dañados, se comparan con edificios dañados. También la técnica se realiza de forma inversa. A partir del escaneado laser de edificios dañados, reconstruir el edificio original (Figura 2.76).

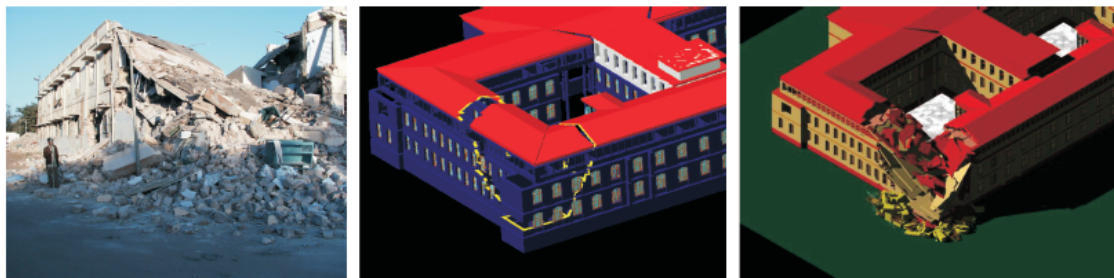


Figura 2.76.. Daño real, modelo constructivo, daños simulados
Fuente : (SCHWEIER, MARKUS, et al., 2004)

- Okada (OKADA & TAKAI, 1999) propone un índice de daños en edificios provocado por terremotos basado en las pérdidas que se producen en cada caso (Figuras 2.77. y 2.78).

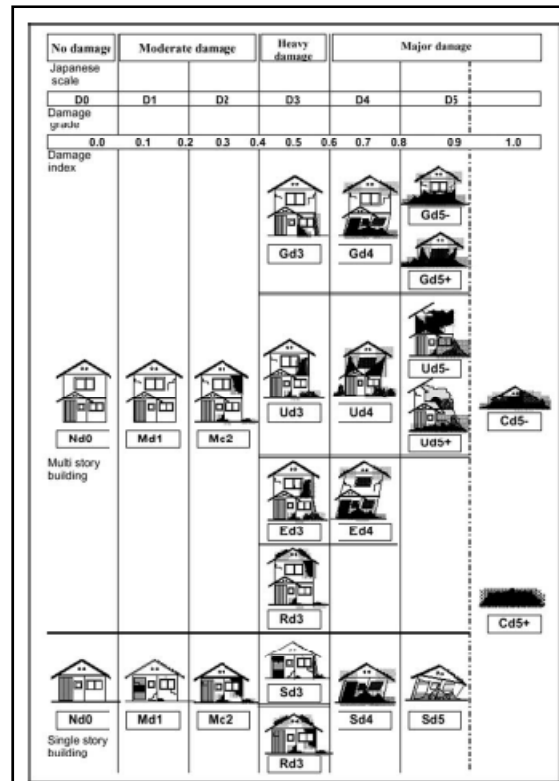


Figura. 2.77. Patrones de daños provocados por un movimiento sísmico sobre las construcciones
Fuente : (OKADA & TAKAI, 1999)

Damage Grade	Damage pattern	Type of damage
D0 (none)	Nd0	No damage.
D1 (slight damage)	Md1	Walls have cracks and covering materials are peeled off.
D2 (moderate damage)	Md2	Roofing tiles and wall mortar are widely peeled off.
D3 (heavy damage)	Gd3	Portions of columns, beams or walls on the ground floor present structural damages, but the internal space remains unaffected.
	Ud3	Portions of columns, beams or walls on the second floor present structural damages, but the internal space remains unaffected.
	Ed3	Portions of columns, beams or walls on every floor present structural damages, but internal space remains unaffected.
	Rd3	Most of the roofing tiles are collapsed, especially inwards.
	Sd3	Portions of columns, beams or walls of a single-story building present structural damages, but the internal space remains unaffected.
D4 (very heavy damage)	Gd4	Loss of internal space due to damages in columns and/or beams of the ground floor.
	Ud4	Loss of internal space due to damages in columns and/or beams of the upper floor.
	Ed4	Loss of internal space due to damages in columns and/or beams of both floors.
	Sd4	Loss of internal space due to damages in columns or beams of a single-story building.
D5 (destruction)	Gd5-	The roof of the first floor has fallen down or is nearly touching the ground.
	Gd5+	The roof of the first floor has fallen down or is nearly touching the ground, and the second floor also presents damages.
	Ud5-	The upper floor is damaged or has collapsed.
	Ud5+	The upper floor is damaged or has collapsed, and the ground floor also has considerable damages.
	Sd5	Dwelling space of a single-story building is considerably lost, and the roof has fallen down or is nearly touching the ground.
	Cd5-	The roof of the second floor has fallen down or is nearly touching the ground.
	Cd5+	Completely collapsed and turned into rubble.

Figura. 2.78. Patrones de daños provocados por un movimiento sísmico sobre las construcciones
Fuente : (OKADA & TAKAI, 1999)

- HENGJIAN utilizando dicha clasificación relaciona el nivel de daño de las construcciones con la pérdida de vidas en cada caso para el terremoto de la ciudad de Nishinomiya (Japón) en 1996 (HENGJIAN, KOHIYAMA, et al., 2003) (Tabla 2.44).

Damage level	Damage pattern	Buildings	Casualties
Major damage without survival space	Cd5+	62	92
	Cd5-	37	47
	Gd5+	118	159
	Gd5-	16	20
	Ud5+	0	0
	Ud5-	0	0
	Sd5	1	1
	D5	3	27
Major damage with survival space	Ud5+	1	1
	Ud5-	1	1
	Sd5	0	0
	Ed4	6	7
	Gd4	6	7
	Ud4	1	1
	Sd4	5	6
	D4	0	0
Moderate damage	Rd3	2	2
	Sd3	1	1
	D3	2	3
Minor damage	Md2	4	4
	Md1	6	7
	D1	0	0
No damage	Nd0	7	8
	D0	13	15
Unknown	(Demolished)	36	62
Total		328	471

Tabla 2.44. Pérdida de vidas humanas en relación al índice de daño
Fuente : (HENGJIAN, KOHIYAMA, et al. , 2003)

- Chen señala que (CHEN, CHEN, et al., 1997) existen diversos métodos para la evaluación daños y coste económico de las pérdidas ocasionadas por un terremoto. El método tradicional que clasifica al conjunto de infraestructuras conforme a su tipo estructural u ocupación. Las pérdidas se estiman para cada tipología de infraestructura de forma separada. La estimación final de pérdidas se realiza como un agregado de infraestructuras perdidas. El problema principal es la falta de datos consistentes ya que se hace complejo disponer de una completa base de datos.

Para la evaluación de los daños producidos por un terremoto se utiliza la expresión recogida en la figura 2.79.

$$\text{Loss} = \sum_{B_k} \left[\left\{ \sum_{I_i} P(I_i|B_k) * \left(\sum_{dr_j} P(dr_j|I_i, B_k) * (dr_j|B_k) \right) \right\} * V_{B_k} \right] \quad (2)$$

Figura 2.79. Estimación de pérdidas provocadas por terremotos
Fuente : (CHEN, CHEN, et al. , 1997)

Donde B_k es el tipo de edificio (k), I es el nivel de intensidad, Dr_j es el ratio de daño esperado, V_{B_k} es el valor de todos los edificios del tipo B_k . El sumatorio de dr_j representa el valor esperado del ratio de daño para una intensidad I_i y sobre un tipo de edificios B_k . Sumando todos los edificios obtendremos el total del daño.

El método propuesto por CHEN consiste en el empleo de indicadores macroscópicos para representar la exposición total directamente. Este método utiliza indicadores como el producto interior bruto (PIB) para representar la riqueza y para estimar las pérdidas. La aplicación de este método sugiere que el número de infraestructuras es proporcional al PIB.

La densidad de población y la exposición económica está estrechamente relacionada (WORLD BANK, 1995). A su vez un incremento de población sugiere un mayor número de infraestructuras y equipamientos. Por ello, a partir de unos datos de población precisos es posible establecer una relación entre población y exposición. Asimismo el producto interior bruto puede distribuirse conforme la distribución de la población y estimar el PIB por unidad de área en un país.

$$PIB \text{ (unidad área)} = PIB \text{ región} \times [población \text{ (unidad área)} / (población \text{ región})]$$

La región puede ser un país, una provincia, una región, una ciudad o cualquier otra entidad geográfica para la cual existen datos disponibles de PIB. Propone realizar el cálculo de las pérdidas mediante la desagregación espacial del PIB.

$$\text{Physical Loss} = \sum_{I_j} P(I_j) \text{MDF}(I_j) \cdot \text{GDP} \cdot g(\text{GDP}),$$

Figura 2.80. Estimación de pérdidas provocadas por terremotos a partir del producto interior bruto
Fuente : (CHEN, CHEN, et al., 1997)

Donde $P(I_j)$ es la probabilidad de I_j en los próximos años, $\text{MDF}(I_j)$ es el factor de daño medio que representa la relación peligro-exposición-pérdida dada una intensidad I_j . $g(\text{GDP})$ es una función para correlacionar el valor PIB a un área. MDF sustituye la evaluación de pérdidas derivadas de una determinada intensidad sobre un edificio. MDF debería ser derivado empíricamente a partir de los datos obtenidos de los desastres en los últimos 15 años.

Roca : (ROCA, IRIZARRY, et al. ,2006) realiza un estudio de la vulnerabilidad a los terremotos y monumentos de los edificios de Barcelona y propone un conjunto de curvas de daño para los mismos (Figura 2.81).

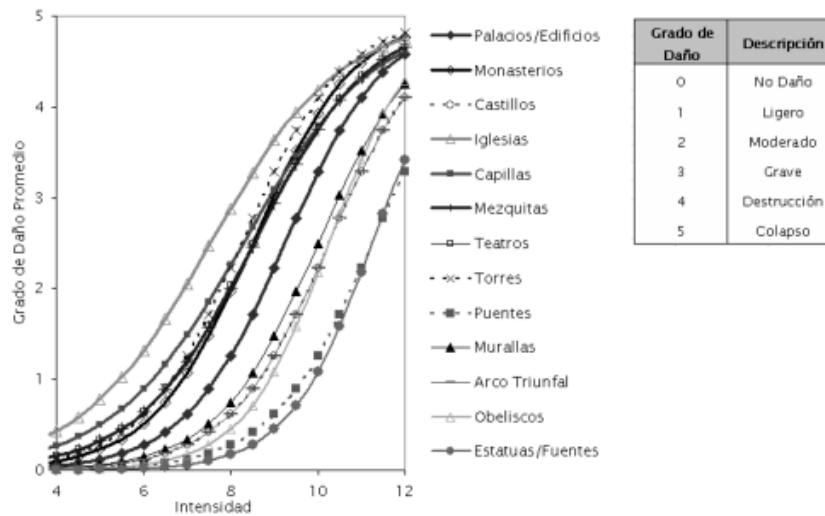


Figura 2.81. Curvas de vulnerabilidad promedio para tipologías de monumentos y descripción de sus daños
Fuente: (ROCA, IRIZARRY, et al. , 2006)

2.9.6.2. Inundaciones

El daño producido por las inundaciones se relaciona de forma directa con tres parámetros del evento: la velocidad de flujo, el nivel que alcanzan las aguas y el tiempo que dura la inundación.

Un método habitual en la estimación de pérdidas producidas por la inundación se realiza a partir del análisis de la ocupación del suelo del área afectada. A cada tipo de uso se le asocia un factor de daño en función de una velocidad de flujo y una altura potencial de las aguas. El cálculo de costes se realiza a partir de la valoración de los costes de sustitución de los usos afectados.

Vanderveen valora los efectos potenciales de una inundación en Randstat, una región de Holanda (VAR DER VEEN & LOGTMEIJER, 2005). Vanderveen señala que los daños provocados por las inundaciones son muy importantes tanto en zonas urbanizadas, como en cultivos y zonas naturales. Los daños están en relación directa a la severidad de la inundación medida en altura de las aguas, flujo de las aguas, así como la duración. El lodo que arrastran las aguas, así como la contaminación directa de las aguas subterráneas es otro de los efectos directos de las inundaciones. En su estudio de evaluación de daños Vanderveen propone el uso de la fórmula recogida en la figura 2.82 para el cálculo del daño total, en la cual identifica un factor de daño y un conjunto de clases de daño (i) de forma que las distintas tipologías de usos del suelo se valoran de forma independiente en función del daño que han padecido.

$$S = \sum_{i=1}^n \alpha_i m_i S_i$$

with

S = total damage;

α = damage factor;

m = number of entities in damage class i ;

S_i = damage value for class i ;

n = Number of damage classes i .

Figura 2.82. Daños provocados por las inundaciones

Fuente : Van der Veen (VAR DER VEEN & LOGTMEIJER, 2005)

S : daño total; α : factor de daño; m : número de entidades incluidas en el clase (i) de daño; S_i : Valor del daño para la clase i ;

n : Número de clases de daño.

Roy (ROY, ROUSSELLE, et al., 2003) evalúa los costes económicos de la aplicación de políticas públicas de control de inundaciones a través del cálculo de daños. Analiza el valor de las construcciones que se han realizado en la cuenca de inundación desde la aprobación de una normativa y los efectos que podría tener una catástrofe, mediante el cálculo del coste de los edificios en las zonas inundables (Tabla 2.45).

Table IV. Building value in the 0-100 year floodplain (1997 dollars) (Tecsult, 1994c)^{1,2}

Municipality	Houses	Commercial enterprises	Industries	Institutions	Others	Total
Scott/ T.-F.	6,447,711 (79) ³	662,661 (8)	92,397 (1)	864,689 (10)	191,228 (2)	8,258 686
Sainte-Marie	42,049,346 (47)	11,440,339 (13)	17,305,797 (19)	15,384,247 (17)	3,266,530 (4)	89,446,259
Vallée-Jonction	16,422,702 (70)	1,027,701 (4)	3,525,405 (15)	1,813,322 (8)	690,437 (3)	23,479,567
Saint-Joseph	3,988,284 (56)	1,413,260 (20)	1,386,966 (19)	356,876 (5)	—	7,145,386
Beauceville	5,514,710 (31)	7,826,785 (43)	1,990,496 (11)	2,618,529 (15)	—	17,950,520
Saint-Georges	— —	9,615,100 (76)	— —	3,069,800 (24)	— —	12,684,900
Total (\$)	74,422,753 (47)	31,985,846 (20)	24,301,061 (15)	24,107,463 (15)	4,148,195 (3)	158,965,318

¹ Values from Tecsult (1993) have been adjusted to 1997 dollars. Also, values for new buildings from 1994 to 1997 have been added to those of 1993. The report from Tecsult does not include property values for Saint-Georges.

² Price index (Statistique Canada, 1997): July 1997/1993 = 135.2/130.5.

³ Numbers in brackets are percentages of total building value for the same municipality.

Tabla 2.45. Valor de los edificios en el periodo de retorno 0-100 años en la cuenca de inundación (valoración dólares 1997)

(ROY, ROUSSELLE, et al. , 2003)

La evaluación de los daños derivado de las inundaciones en un edificio se centra en tres aspectos:

- Daños en la estructura y equipamientos del edificio.
- Daños a los contenidos.
- Interrupción y pérdida de renta durante la inundación y el restablecimiento.

Las medidas de mitigación de la vulnerabilidad de las construcciones son variadas. Una de las más importantes es la de realizar adaptaciones estructurales para impedir la entrada de agua. Otra consiste en adaptar el uso del edificio frente a posibles eventos. *“In many instances of properties at risk, both form of construction and usage of the coger parts of the building has been such as to minimiza the damage caused during and alter a flood”*. (WORDSWORTH & BITHELL 2004, pp.105).

Samuels en el desarrollo del proyecto europeo “FLOODsite” realiza una valoración de métodos de evaluación de daños producidos por inundación en diversos países europeos. Las diferencias en los métodos de evaluación de daños está relacionada con el número de categorías consideradas, el grado de detalle, la escala de análisis y la aplicación de principios básicos de evaluación (p.e. costes de reemplazo miento / costes de depreciación) y la aplicación o no de métodos económicos de costes-beneficios.

Samuels (SAMUELS, 2005) señala que en el Reino Unido se realiza una tarea sistemática de evaluación de daños a diversas escalas geográficas. A nivel nacional se han propuesto diversos métodos de evaluación: El National Appraisal Assets at Risk (NAAR) que ha sido aplicado en el National Flood Risk Assessment, y por el Foresight Future Flooding. A nivel regional las evaluaciones de daños son realizadas a través de los Planes Hidrológicos (Catchment Flood Management Plans) y Planes de Gestión Costera (Shoreline Management Plans). Se ha desarrollado una aplicación informática basada en el uso de Sistemas de información geográfica que se conoce como MDSF (Modelling and Decision Support Framework: <http://www.mdsf.co.uk/> [consultado 5.10.2008]). También en el Reino Unido a nivel local se desarrollan evaluaciones a través del DEFRA (Departament of Environment, Food an Rural Affairs) utilizando los modelos de evaluación de daños desarrollados por el Flood and Coastal Defence Project Appraisal guidance-series (FCDPAG). (<http://www.defra.gov.uk/enviro/fcd/pubs/pagn/default.htm> [5.11.2008]). A todos los niveles geográficos se utiliza un modelo de valoración de daños conocido como el Multi-Coloured Manual (MCM) <http://www.fhrc.mdx.ac.uk/resources/index.html> [visitado 5.11.2008])

Cada una de las metodologías señaladas enfoca el análisis de daños incluyendo en la evaluación distintos tipos de daños directos e indirectos. La tabla 2.46, representa la tipología de daños considerada por cada tipo de metodología.

Damage category	Macro: NAAR, NaFRA	Meso: MDSF	Meso/Micro: Lower Thames	Micro: MCM, FCDPAG3
Direct, tangible Damages				
Residential Buildings	M	M	M	M
Household inventory	M	M	M	M
Vehicles/cars				
Non-residential buildings, fixture & fittings, movable equipment	M	M	M	M
Inventories	M	M	M	M
Livestock				
Infrastructure				
Streets				
Railways				
Ground Values	Agricultural Land			
Indirect Losses				
Loss of Value Added				M
Agricultural Production	M	M		M
Emergency costs			M	M
Traffic Disruption	M		M	M
Further:			Flood Warning (Benefits)	Surrogate costs: house renting, drying out process
Intangible Losses				(under development)
People	Q	Q		
Health				M
Environmental losses			Q	M
Recreational Losses				M
Cultural goods				
Toxification				
Further::	SFVI (Social Flood Vulnerability Index)	SFVI		SFVI

M = in monetary terms, Q = other quantitative units, D = descriptive, qualitative assessment

Tabla 2.46.. Categoría de daños considerados en U.K.

Fuente : (SAMUELS, 2005 , pp. 4)

De forma genérica, el conjunto de metodologías propuestas se basa en el uso de curvas de daños (*damage functions*) que son validadas y actualizadas de forma continua y modelos de costes-beneficios (Figura 2.83).

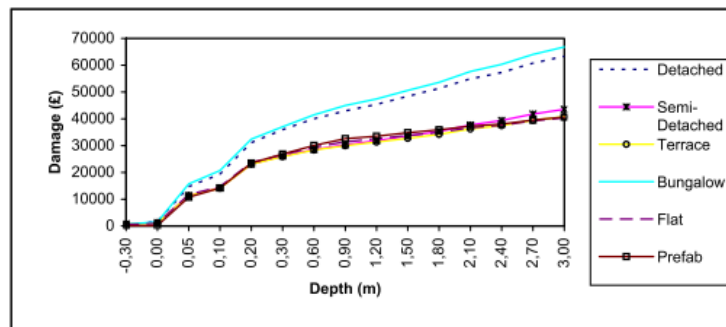


Figura 2.83. % de Daños en función del tipo de edificio

Fuente : (SAMUELS, 2005, pp. 4)

Holanda es un país en peligro constante de inundación que ha utilizado métodos de protección basado en estándares de seguridad. Samuels (SAMUELS, 2005) apunta que los últimos años se ha aplicado un método de evaluación de daños conocido como “*Standard Method 2004-Damage and Casualties caused by Flooding*” el cual forma parte del *Flood Management System*. Dicho método a nivel conceptual también se basa en la aplicación de funciones de daño que han sido calculadas para diversos tipos de edificios e infraestructuras (Tabla 2.47).

1: Damage function 'Agriculture, recreation and airports'
2: Damage function 'Pumping stations'
3: Damage function 'Vehicles'
4: Damage function 'Roads and railways'
5: Damage function 'Gas and water mains'
6: Damage function 'Electricity and communication systems'
7: Damage function 'Companies'
8: Damage function 'Single-family dwellings and farms'
9: Damage function 'Low-rise dwellings'
10: Damage function 'Intermediate dwellings'
11: Damage function 'High-rise dwellings'

	<i>Damage category</i>	<i>Unit</i>	<i>Average maximum damage amount per unit (€)</i>	<i>Associated Damage function (of Tab. 3.2)</i>	<i>Source (data file used in the standard method)</i>
Land use	Agriculture direct	m ²	1.50	1	CBS land use
	Agriculture indirect	m ²	1.60	1	CBS land use
	Greenhouse horticulture direct	m ²	40.10	1	CBS land use
	Greenhouse horticulture indirect	m ²	4.00	1	CBS land use
	Urban area direct	m ²	48.60	1	CBS land use
	Intensive recreation direct	m ²	10.90	1	CBS land use
	Extensive recreation direct	m ²	8.90	1	CBS land use
	Airports direct	m ²	1 197	1	CBS land use
	Airports i.b.	m ²	36	1	CBS land use
Infrastructure	National trunk roads direct	m	1 450	4	National Wegen Bestand (NWB)
	National trunk roads indirect	m	650	4	NWB
	Motorways	m	980	4	NWB
	Other roads	m	270	4	NWB
	Railways direct	m	25 150	4	Nederlandse Spoorwegen (Spoor NS)
	Railways indirect	m	86	4	Spoor NS
	Railways i.b.	m	151	4	Spoor NS
Households	Low-rise dwellings	unit	172 000	9	Bridgis dwelling types
	Intermediate dwellings	unit	172 000	10	Bridgis dwelling types
	High-rise dwellings	unit	172 000	11	Bridgis dwelling types
	Single-family dwelling	unit	241 000	8	Bridgis dwelling types
	Farm	unit	402 000	8	Bridgis dwelling types
	Vehicles	unit	1 070	3	revised Bridgis people file
Companies	Mineral extraction direct	employee	1 820 000	7	Dunn & Bradstreet (D&B)
	Mineral extraction indirect	employee	116 000	7	D&B
	Mineral extraction i.b.	employee	84 000	7	D&B
	Industry direct	employee	279 000	7	D&B
	Industry indirect	employee	70 000	7	D&B
	Industry i.b.	employee	62 000	7	D&B
	Utilities direct	employee	620 000	7	D&B
	Utilities indirect	employee	163 000	7	D&B
	Utilities i.b.	employee	112 000	7	D&B
	Construction direct	employee	10 000	7	D&B
	Construction indirect	employee	26 000	7	D&B
	Construction i.b.	employee	45 000	7	D&B
	Trade, catering direct	employee	20 000	7	D&B
	Trade, catering indirect	employee	3 500	7	D&B
	Trade, catering i.b.	employee	7 500	7	D&B
	Banks, insurance direct	employee	90 000	7	D&B
	Banks, insurance indirect	employee	7 000	7	D&B
	Banks, insurance i.b.	employee	14 000	7	D&B
	Transport and communication direct	employee	75 000	6	D&B
	Transport and communication indirect	employee	6 400	6	D&B
	Transport and communication i.b.	employee	11 200	6	D&B
	Care provision, other direct	employee	20 000	7	D&B
	Care provision, other indirect	employee	6 300	7	D&B
	Care provision, other i.b.	employee	3 400	7	D&B
	Government direct	employee	60 000	7	D&B
	Government indirect	employee	2 200	7	D&B
	Government i.b.	employee	9 200	7	D&B
Other	Pumping stations	unit	747 200	2	WIS
	Purification plant	unit	10 853 000	5	WIS

Tabla 2.47. % de Daños en función del tipo de uso
Fuente : (SAMUELS, 2005)

2.9.6.3. Otros peligros

KHANDURI (KHANDURI & MORROW, 2003) propone la evaluación del daños derivados del viento provocado por huracanes a partir de la construcción de curvas de daño en relación con la intensidad del viento adaptadas a cada tipología de edificios.

A partir de datos experimentales de diversos huracanes en Puerto Rico construye las curvas de daños (Figura 2.84).

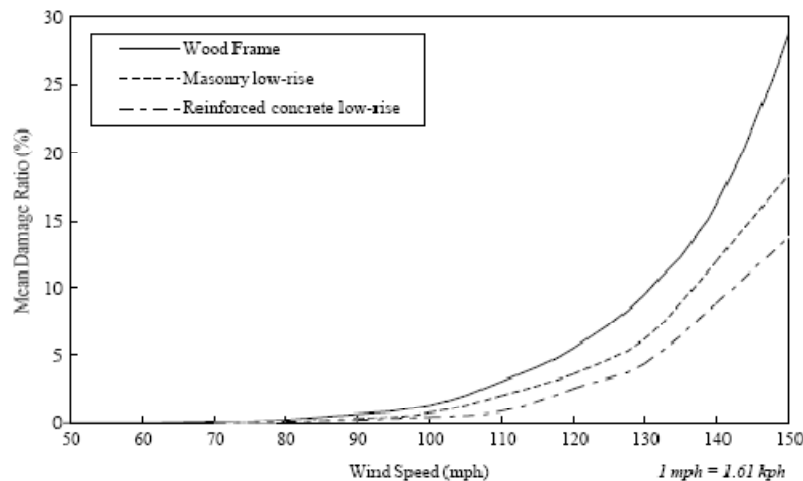


Figura 2.84. Curva de daños/velocidad del viento para distintos tipos de viviendas

Fuente : (KHANDURI & MORROW, 2003)

Keiler (KEILER, 2004) propone un modelo de evaluación de daños potenciales provocados por avalanchas basados en el cálculo de la exposición potencial de edificios, infraestructuras y personas. El modelo se testea en la zona de Galtur (Austria) e incorpora información geográfica de años pasados de manera que permite identificar la forma en que se han ido distribuyendo los riesgos cronológicamente (Tabla 2.48).

	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Average value per building in EUR						
Total Community	316 819	372 010	542 656	721 086	908 435	916 637
Red Zone	262 808	262 808	336 494	452 490	345 911	433 668
Red Zone + Fringe	262 808	375 493	418 117	710 941	629 966	985 726
Yellow Zone	212 048	311 396	378 818	436 059	459 830	562 930
Yellow Zone + Fringe	295 331	360 596	445 658	546 286	532 643	611 188
Buffer	259 403	319 753	598 224	1 029 811	1 650 875	2 071 225

Building Classes	1950				2000			
	Total	Red Zone	Yellow Zone	Buffer	Total	Red Zone	Yellow Zone	Buffer
Residential	66	2	24	9	53	1	21	5
Public	0	0	0	0	7	0	2	1
Hotel	4	0	1	1	27	0	5	7
Guesthouses + B&B	21	1	4	4	138	4	36	17
Business	1	0	0	0	6	0	1	0
Agricultural	18	1	8	3	56	4	30	3
Infrastructure	1	1	0	0	5	1	1	0
Church	2	0	1	1	2	0	1	1
Abandoned	2	0	0	0	10	0	4	0
Sum	115	5	38	18	304	10	101	34

Tabla 2.48. Evolución cronológica 1950/200 de las pérdidas potenciales por Avalancha en la región alpina de Galtur (Austria) . Total de euros expuestos. Total de Usos expuestos.
(KEILER, 2004)

2.9.7. Reconstrucción del desastre

Tras el evento catastrófico se inicia una fase de emergencia cuyos principales objetivos son la reducción pérdidas humanas y la minimización de daños sobre las infraestructuras esenciales. Después de la emergencia le sigue una fase de evaluación de daños, a cuyo análisis hemos dedicado anteriores apartados, para continuar con una fase de reconstrucción.

La reconstrucción es una tarea que implica un proceso decisonal complejo y que normalmente debe ser desarrollada en un corto espacio de tiempo. Debe concretarse qué infraestructuras, equipamientos, viviendas u otras instalaciones deben rehabilitarse o construirse de nuevo, establecer un orden de actuación, localizar el emplazamiento de nuevos equipamientos, acuerdos institucionales con organismos que realizan donaciones, etc. Satisfacer las necesidades urgentes de la población afectada, así como contar con escasos recursos económicos supone una fuerte presión a la toma de decisiones que puede dar lugar al desarrollo de actuaciones poco adecuadas. Es necesario que la reconstrucción se realice considerando la vulnerabilidad territorial a partir del conocimiento de los peligros y en especial sea considerada y evitada la vulnerabilidad que el desastre ha puesto de manifiesto.

Otro de los problemas a que debe enfrentarse la reconstrucción es que la población debe iniciar de forma rápida su actividad y no existe tiempo suficiente para el estudio de alternativas o desarrollo de políticas en la reconstrucción. Deben priorizarse las actuaciones importantes sobre las urgentes, pero es habitual que no sea así. Normalmente los especialistas en emergencias tienden orientar sus actuaciones a la reconstrucción a corto plazo. Se procura a que las infraestructuras y equipamientos funcionen de nuevo lo más rápidamente posible. Tratan de

establecer soluciones operacionales y prácticas que resuelvan los problemas de forma rápida, permanente y económicamente viables. (PNUD. UNDRO, 1994)

Una situación paradójica que diversos autores señalan es que las tareas de recuperación realizadas tras los desastres en países subdesarrollados pueden no realizarse de forma planificada, considerando la exposición a los peligros y mitigando vulnerabilidades, sino que se reconstruyen infraestructuras en zonas en riesgo que en algunos años pueden volver ser afectadas por otros eventos catastróficos. A este respecto el manual de CEPAL de Evaluación de Daños post (CEPAL, 2003, pp. 34) señala “*En muchos casos, la reconstrucción se lleva a cabo sin que se reduzca la vulnerabilidad. Dicho de una manera directa, la vulnerabilidad se reconstruye en vez de aminorarse*”.

Solidad Internacional (SOLIDARIDAD INTERNACIONAL, 2002) en el informe *Las causas sociales tras los desastres naturales* hace referencia al riesgo de que las actuaciones de reconstrucción tras las catástrofes acaban convirtiéndose en definitivas (*‘El eterno techo provisional. Es lo que el escritor salvadoreño Carlos Henríquez Consalvi denuncia como paramientrismo: invertir recursos en arreglos provisionales –para mientras- se busca una solución definitiva que parece no llegar nunca’* pp.9)

Un ejemplo de interés acerca de propuestas de restauración tras un evento catastrófico se recoge en el Informe de Daños en El Salvador provocados por el Mitch realizado por la CEPAL (UN/CEPAL, 2004) es este documento se proponen las siguientes actuaciones :

- Recuperación de infraestructura de apoyo. Obras e infraestructuras necesarias para el funcionamiento de actividades económicas y sociales (carreteras, puentes, redes de agua y alcantarillado, redes energía, comunicaciones). Es importante que se incorporen nuevos conceptos de diseño en las obras que reduzcan la vulnerabilidad intrínseca de los elementos, así como también que se ubiquen en zonas de menor exposición al peligro. Además dar la opción a la construcción de elementos alternativos, para evitar que el colapso de alguno acabe con la estabilidad de la comunidad.
- Recuperación infraestructura social. Dotación de bienes y servicios.
- Recuperación actividades agropecuarias.
- Apoyo alimentario.
- Generación empleo productivo.
- Control riesgos epidemiológicos.
- Gestión de cuencas y preservación medioambiental.
- Control y prevención de inundaciones.
- Fortalecimiento de los comités nacionales de emergencia o de defensa civil

Tamura (TAMURA, YAMAMOTO, et al. 2000) utiliza un método de validación de escenarios (función de valor) basado en la teoría de juegos (VON NEUMAN & MORGENSTERN, 1947)

para la selección de la alternativa más óptima para la reconstrucción tras un evento catastrófico (Figura 2.85).

Factores de Vulnerabilidad	Políticas Públicas Básicas para reducir la Vulnerabilidad
Grado de Exposición Protección	Plan de Ordenamiento Territorial Aseguramiento
Reacción Inmediata	
Recuperación Básica	Sistemas de Alerta Temprana y Capacidad de Reacción (conocimiento, entrenamiento, organización y refugios) Plan de Contingencia y Restauración de Servicios Básicos (ambientales y sociales)
Recuperación Permanente	Plan de Reconstrucción y Desarrollo

Figura 2.85. Factores de la Vulnerabilidad.

Fuente: (VARGAS, 2002)

La rehabilitación económica debe promoverse a partir del fomento de la actividad del sector privado y público. En este sentido la participación del gobierno en las tareas de rehabilitación económica está plenamente justificada por los siguientes motivos (PNUD. UNDRO, 1994) :

- Se habrá producido un importante daño en la balanza de pagos, por pérdida de ganancias de las exportaciones y aumento de las importaciones, especialmente de productos alimenticios.
- Reducción de ingresos del gobierno como resultado de pérdida de impuestos por menores ingresos.
- El personal del gobierno continuará, a menudo, recibiendo salario a pesar de imposibilidad de trabajar, lo que causará un drenaje improductivo de los recursos del gobierno.
- Una gran proporción de las fuerzas productivas estará desempleada, lo que causará pérdida productiva y de ingresos. Quienes, además, dependerán de asistencia monetaria y semejante para alimentos, vestuario, y suministros médico/sanitarios.

2.10. Quién es quién en el análisis de la vulnerabilidad y la evaluación de daños postcatástrofe

Un gran número de organizaciones internacionales, gobiernos nacionales, administraciones regionales, organizaciones no gubernamentales, centros de investigación, universidades, etc. trabajan en el desarrollo de proyectos de investigación, desarrollo y actuaciones variadas en el campo de la reducción de la vulnerabilidad a los desastres naturales y en la mejora de las técnicas de evaluación de daños. A pesar de ello, en cualquier caso, resulta difícil encontrar entidades dedicadas en exclusivo a alguna de cuestiones. Lo habitual es que en la realización de las actividades que realizan en relación a la reducción del riesgo de forma directa o indirecta se incide sobre dichos aspectos. En el apartado 9.1 de este texto se realiza una revisión de los principales proyectos de investigación realizados en el estudio listado de entidades y organizaciones. En cualquier caso creemos oportuno en este punto, apuntar las principales organizaciones que trabajan en esta temática y describir algunos de sus campos de actuación. (HOUSNER, 1989)(ALEXANDER, 1991, 1993) (CARRARA, GUZZETTI, et al., 1999).

Naciones Unidas

Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo:

(<http://www.undp.org/spanish/> [visitado 12.10.2008])

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) es la red mundial de las Naciones Unidas en materia de desarrollo que promueve el cambio y conecta a los países con los conocimientos, la experiencia y los recursos necesarios para ayudar a los pueblos a forjar una vida mejor. El PNUD desempeña un papel dinámico y primordial en llevar adelante la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (ISDR). Los gobiernos solicitan, cada vez con más frecuencia a las agencias de la ONU la coordinación de las ayudas posteriores a los desastre. Por ello es precisa una comunicación óptima entre la ONU y los diferentes Gobiernos.

El PNUD señala que cualquier actividad tiene el potencial o bien de aumentar o bien de disminuir, los riesgos de desastres *“Cuando una escuela o un centro de salud es destruido por un terremoto, debemos recordar que la misma fue en su momento un proyecto de desarrollo, realizado con fondos de presupuestos nacionales o de ayuda externa para el desarrollo”* (NACIONES UNIDAS. PNUD, 2004).

El PNUD a través de su red mundial busca y comparte enfoques innovadores para la prevención de crisis, la alerta temprana y la resolución de conflictos. El PNUD está presente en casi todos los países en desarrollo, de manera que cuando ocurra una crisis se ocupará de coordinar la asistencia internacional y cerrar la brecha entre la ayuda de emergencia y el desarrollo a largo plazo.

En el ámbito de la evaluación de daños postcatástrofe, el PNUD ha desarrollado diverso material de entrenamiento para la gestión de desastres para proporcionar formación a

agencias gubernamentales, organizaciones no gubernamentales (ONG) y voluntarios. (Guía para la gestión de desastres). Dicho entrenamiento tiene como finalidad reforzar el conocimiento acerca de la naturaleza y gestión de los desastres. El PNUD se cuestiona la inevitabilidad de las catástrofes, con objeto de observar la mitigación de los desastres como un componente de desarrollo y los desastres como una oportunidad para favorecer los objetivos de desarrollo. (PNUD. UNDRO, 1992, pp. 9).

La actividad del PNUD en el área de prevención y recuperación se concentra en cuatro áreas, que guardan una estrecha relación con la vulnerabilidad:

- Identificación y Evaluación de Riesgos. Se trata de una de las cinco áreas prioritarias del Plan de Acción de Hyogo sobre desastres naturales. UNEP ha establecido un programa de identificación de riesgos conocido como GRIP (Global Risk Identification Program)(<http://www.gri-p.net/> (consulta 13.09.2008)) que se desarrolla en cinco áreas: proyectos demostrativos, capacitación de la población, mejora en la información sobre pérdidas, sistemas de ayuda a la decisión para la gestión de riesgos, fomento de la comunicación sobre el riesgo.
- Enfoque transversal de la reducción del riesgo de desastres. Análisis de aspectos paralelos a la reducción de riesgos.
- Capacitación. Fundamentada en dotar a la población de formación, destreza, herramientas, instrumentos, metodologías para hacer reducir la vulnerabilidad y hacer frente a las catástrofes.
- Cambio climático.

Internacional Strategy for Disaster Reduction: Naciones Unidas

(<http://www.unisdr.org/> [consulta 18.10.2008])

Iniciativa de Naciones Unidas gestionada por el PNUD para la construcción de sociedades resilientes a los desastres promoviendo el conocimiento para la reducción de desastres como base para el desarrollo sostenible. Se pretende la reducción de pérdidas humanas, sociales, económicas y ambientales debidas a los peligros naturales y a los desastres tecnológicos y ambientales.

El propósito es el reconocimiento social de la amenaza continua provocada por los peligros naturales a la población y de la importancia de la reducción de los desastres como actividad vinculada al desarrollo. Para ello promueve cuatro estrategias:

- Aumento de conciencia pública para entender el riesgo, vulnerabilidad y la reducción del desastre a distintos niveles organizaciones regionales, gobiernos, organizaciones no gubernamentales, representantes de la sociedad civil, etc. La prevención comienza con la información.
- Obtener el apoyo de autoridades públicas para poner en marcha políticas de reducción de desastres.
- Estimular la asociación interdisciplinar e intersectorial para el desarrollo de actuaciones para la reducción del riesgo.

- Mejorar el conocimiento científico acerca de la reducción de desastres.

El ISDR combina su actividad a través de dos herramientas: Inter-Agency Task Force on Disaster Reduction (IATF/DR) y la Inter-Agency Secretariat of the ISDR (UN/ISDR). IATF/DR es el instrumento básico para el desarrollo de política para la reducción de desastres. Está liderado por la UN Under-Secretary General for Humanitarian Affairs e incluye un total de 25 organizaciones diversas (internacionales, nacionales, regionales y de la sociedad civil). Desarrolla grupos de trabajo en diversas áreas focalizadas en la reducción de desastres como: variabilidad climática, sistemas de alerta temprana, vulnerabilidad y análisis de riesgos, etc.

La UN/ISDR es el punto focal de la ONU para promover acuerdos y sinergias entre organizaciones y coordinar las actividades para la reducción de desastres en distintas áreas. Es una plataforma de información y comunicación en la reducción de desastres, produciendo artículos, revistas e informes de libre acceso.

El ISDR se organiza en plataformas temáticas (ISDR Policy Note, 2 June 2008: http://www.preventionweb.net/files/2764_ThematicPlatforms020608.pdf [visitado 18.19,2008]) que desarrollan actividades y estudios en la reducción de riesgos. En el área de vulnerabilidad existe un Grupo de Expertos de Evaluación de Vulnerabilidad que participa activamente en dos líneas de trabajo:

- o Identificación, evaluación y monitorización de los riesgos de desastres y mejora de la alerta temprana.
- o Reducción de factores subyacentes al riesgo.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe : CEPAL

(<http://www.eclac.org/> [consulta 12.08.2008])

El CEPAL es una comisión regional de Naciones Unidas fundada para contribuir al desarrollo económico de América Latina, coordinar las acciones encaminadas a su promoción y reforzar las relaciones económicas de los países entre sí y con las demás naciones. Unos años más tarde se amplió a los países del Caribe y se incorporó el objetivo de promover el desarrollo social.

La CEPAL ha venido desarrollando junto al Banco Mundial talleres sobre valoración socioeconómica de desastres como instrumento para la reducción de los daños ocasionados, mejorar los procesos de desarrollo y fomentar la gestión del riesgo.

Es destacable el trabajo realizado por la CEPAL en la redacción del Manual para la Evaluación del Impacto Socioeconómico y Ambiental de los Desastres (CEPAL, 2003) con el apoyo financiero del Gobierno de Italia y los Países Bajos y el Banco Mundial, la supervisión técnica de la Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS), la Secretaría Técnica de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD),

y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), así como la cobertura del ProVentium Consortium con el apoyo del Gobierno de Noruega y el Reino Unido. El contenido de dicho manual está siendo actualizado de forma continua, en distintos aspectos. En este sentido destacamos especialmente el trabajo de Cesare Dosi (DOSI, 2001) incorporando los métodos de evaluación de los daños sobre el medio ambiente causados por los desastres naturales.

La vulnerabilidad y la evaluación de daños son dos áreas de máximo interés de Naciones Unidas y que su estudio es fomentado a través de las diferentes agencias y organizaciones. Son muchos los proyectos e iniciativas en esta materia.

PROVENTION

<http://www.proventionconsortium.org> [visitado 18.10.2008].

Provention es un consorcio en el que participan instituciones financieras internacionales, administraciones públicas, organizaciones internacionales, organizaciones no gubernamentales, empresas públicas, universidades y centros de investigación.

El objetivo de Provention es la reducción del riesgo y las consecuencias sociales, económicas y medioambientales de los peligros naturales en poblaciones vulnerables en vías de desarrollo para aliviar la pobreza y para contribuir a su desarrollo sostenible. Para alcanzar dicho objetivo se proponen los siguientes tipos de actuaciones: promoción de redes entre organizaciones y agentes a diversos niveles, promoción de actuaciones políticas para el diálogo y el desarrollo de agendas de trabajo, mejora de las prácticas de implementación para la resolución de problemas, y gestión y divulgación del conocimiento avanzado de los problemas y soluciones.

Provention realiza numerosos proyectos muchos de los cuales tienen que ver con la vulnerabilidad y la evaluación de daños (Tabla 2.49).

- **Mainstreaming Risk Reduction**
 - o [Monitoring and evaluation](#)
 - o [Risk Reduction Indicators](#)
 - o [Tools for Mainstreaming Disaster Risk Reduction](#)
 - o [Urban Master Planning Megacities: Mainstreaming Disaster Risk Management](#)
- **Risk Analysis & Application**
 - o [Community based Vulnerability and Capacity Assessment \(VCA\) in Central America](#)
 - o [Identification and Analysis of Global Disaster Risk Hotspots](#)
 - o [Tools for Community Risk Assessment and Action Planning](#)
- **Reducing Risks in Recovery**
 - o [Learning Lessons from Disaster Recovery](#)
 - o [Shelter and Reconstruction](#)
 - o [Strengthening Social Analysis in Rapid Assessment](#)
- **Risk Transfer & Private Sector Investment**
 - o [Catastrophe Risk Management Initiative in Bulgaria](#)
- **Completed**

- [Critical Infrastructure, Disaster Vulnerability and the Role of the Private Sector](#)
- [Economic and Financial Impacts of Natural Disasters: An Assessment of Their Effects and Options for Mitigation](#)
- [Improved Database for the Social and Economic Analysis of Disaster Impacts](#)
- [Innovations in Managing Catastrophic Risk: How Can They Help the Poor?](#)
- [Methodology and Standards for Damage and Needs Assessments](#)
- [Modeling the Macroeconomic Impacts of Natural Disasters](#)

Tabla 2.49. Proyectos desarrollados por el consorcio Provention relacionados con la vulnerabilidad y la evaluación de daños postcatástrofe
Fuente : <http://www.proventionconsortium.org/?pageid=35> [visitado 18.10.2008]

LaRed

(<http://www.desenredando.org/index.html> [visitado 18.10.2008])

La RED fue creada en 1992 por un grupo de especialistas en desastres procedente de diversas entidades públicas, organizaciones internacionales, organizaciones no gubernamentales, y universidades. Se formó para reunir a los investigadores e instituciones latinoamericanas que actúan con un enfoque social de los desastres, sumando el aporte de otras disciplinas, para estimular su cooperación, potenciar sus resultados y aumentar la calidad y efectividad de los proyectos de mitigación y prevención de desastres. Constituye un espacio de encuentro de diversos colectivos interesados en la gestión de los riesgos y los desastres preferentemente de América Latina y el Caribe aunque está abierta a cualquier participación externa.

En el ámbito de la evaluación de daños postcatástrofe ha desarrollado el proyecto Desinventar. Se trata de una herramienta conceptual y metodológica para la construcción de bases de datos de pérdidas, daños o efectos ocasionados por emergencias o desastres, que describimos con detalle anteriormente en este texto.

Agencias de Gestión de emergencias

FEMA

<http://www.fema.gov/> [visitado 5.08.2008]

La FEMA es la Agencia Federal para la Gestión de emergencias norteamericana su misión es la de “guiar a los Estados Unidos para prepararse, prevenir, responder y recuperarse de desastres con la visión de "Una Nación Preparada" como parte del Departamento de Seguridad Nacional. Uno de los principales proyectos del FEMA en relación al análisis de la vulnerabilidad y la evaluación de daños postcatástrofe es el proyecto HAZUS. El Hazus es un programa informático para evaluar las pérdidas potenciales producidas por los desastres. De momento el programa posee tres módulos: inundaciones, huracanes y terremotos, aunque no se descarta que el futuro pueda ampliarse.

Emergency Management Australia. Australian Government EMA

<http://www.ema.gov.au/> [visitado 5.08.2008]

La EMA ha desarrollado una importante labor en la investigación en el campo de la vulnerabilidad y la evaluación de daños. Son particularmente de interés sus manuales para la evaluación de riesgos y vulnerabilidades.

Entidades financieras

En último lugar, también es importante mencionar el importante papel que han venido jugando entidades financieras de ámbito internacional en el desarrollo de actuaciones de recuperación tras los desastres, así como proyectos de mitigación de daños. A este respecto el Asian Development Bank (<http://www.adb.org/Disaster/default.asp>) ha jugado un papel importante en hacer frente a los efectos de los desastres y un papel pionero en la consideración de los desastres en la planificación del desarrollo. YODMANI señala *“ADB can set an example by making disaster risk assessment an integral part of the proposal approval process and by adopting appropriate mitigation measures in project implementation. Poverty reduction and disaster reduction programs can mutually support each other by developing innovative, multi-dimensional, inter-sectoral approaches”*.

La Unidad de Gestión de Riesgos del Banco Mundial (Hazard Management Unit (HMU)) viene desarrollando un sólido programa en la prevención de desastre y en el desarrollo de actuaciones estratégicas de respuesta y mitigación. La evaluación de daños económicos de los desastres también ha sido una línea prioritaria de atención.

2.12. Glosarios sobre vulnerabilidad y daños

En la bibliografía especializada sobre riesgos se detecta una confusión terminológica generalizada utilizándose de forma poco precisa los conceptos de riesgo, amenaza, peligro, exposición, susceptibilidad y otros muchos términos, lo cual hace preciso en la mayoría de los trabajos incorporar un glosario terminológico de apoyo. (ANEAS DE CASTRO, 2000). Ezell remarca que casi resulta una norma que en gran parte de artículos, informes y libros que hacen referencia a riesgos territoriales se incluya una referencia explícita a diversos términos del ciclo de los riesgos (EZELL, 2007).

Green (GREEN, 2003) señala que una de los principales problemas en la investigación en el ámbito de los riesgos es la falta de un vocabulario *“..we have too few words to describe different concepts. Consequently, those words we do have are necessarily ambiguous”*. Por ejemplo:

- “Riesgo es una palabra polivalente. Puede ser utilizada para expresar “probabilidad”, o “valor esperado”, “resultado”, “peligro”, etc. Normalmente lleva implícito la inclusión de la preposición “de”: “riesgo de ...”
- “Vulnerabilidad” también es polisémica. Suele ir acompañado de las preposiciones “a”, “de” (“Vulnerabilidad a”, “vulnerabilidad de”, “vulnerabilidad por”

El análisis de los riesgos y sus aspectos relacionados requiere la utilización de un vocabulario específico que es preciso conocer con objeto de disponer de un lenguaje de comunicación

común en esta materia. Suelen existir discrepancias de unas publicaciones a otras en la formalización de conceptos y elementos. Tal y como se señala en la publicación ‘On better terms’ de Naciones Unidas (UNITED NATIONS, 2006) *‘it is also found that the interpretations of the terminology used, change over time. The result has been some confusion and duplication of meanings and practices’* pp, 3. o tal como señala Brooks (BROOKS, 2003) en ocasiones se utilizan definiciones contradictorias *‘vulnerability, sensitivity, resilience, adaptive, capacity.. the relationships between these terms are often unclear, and the same term may have different meanings when used in different context and by different authors’*. Este hecho se debe en parte a que el estudio de los riesgos es una temática relativamente joven en la que convergen diversas disciplinas científicas por lo que todavía es preciso que muchos conceptos vayan madurando y unificando sus acepciones. Sobre este mismo tema Alexander subraya (ALEXANDER, 1997) *“As befits a field in which the social is combined with the physical, and in which some 30 different academic disciplines have a hand, most concepts associated with natural disaster lack fixed definitions, as they are used by practitioners with very diverse objectives and perceptions”*.

Villagran de Leon apunta que (VILLAGRAN DE LEON, 2006) es necesario acabar con la confusión terminológica en el ámbito de los riesgos, con objeto de avanzar coherentemente en la reducción de los desastres *“Nevertheless, the use of the same words with different meanings by research and academic communities is leading to a lack of consensus. It is necessary to advance on the issue of disaster reduction”*.

En este marco de confusión terminológica generalizada hay que añadir la circunstancia de que en la lengua castellana normalmente se utiliza el mismo término “riesgo” para hacer referencia a la vez al peligro y al riesgo. La confusión es estructural, y son muchos los investigadores que intentan contribuir a clarificar los conceptos. Por ejemplo, RIBERA MASGRAU señala en un trabajo *“Los mapas de daños por inundación son los verdaderos mapas de riesgo, puesto que muestran las inundaciones en relación con los impactos potenciales que éstas pueden llegar a producir en personas, bienes y actividades que se encuentren en una zona inundable”* (RIBERA MASGRAU, 2004, pp. 166).

Diez Herrero abundando en esta misma línea señala “hasta el momento no se ha elaborado en nuestro país ni un solo mapa de riesgo de inundación en el sentido estricto del término. Bajo la denominación de mapas de riesgos de inundaciones en realidad suelen mostrarse mapas de peligrosidad (inundabilidad) más o menos complejos, elaborados o calibrados, pero rara vez reflejan o incorporan parámetros de exposición o vulnerabilidad y prácticamente nunca se expresan en las unidades propias del riesgo: personas y costes” (DIEZ HERRERO, 2002).

Jannos J. Bogardi, en Director of the United Nations University - Institute for Environment and Human Security (UNU-EHS), señala *“We face even a terminological cacophony. Vulnerability and many other colloquial terms (risk, hazard, resilience, resistance) found in disaster*

management concepts are widely used irrespective of the fact that there are still no universally agreed definitions “. (BOGARDI, 2006)

Young abundando en esta confusión semántica remarca (YOUNG, BERKHOU, et al., 2006) que a la investigación acerca de la resiliencia, vulnerabilidad está creciendo de forma continua, pero la confusión terminológica es patente. *“Research on resilience, vulnerability, and adaptability is expanding at a rapid pace and in a number of directions. Although this is fundamentally good news, it has also given rise to some confusion regarding terminology”*.

En la actualidad existen algunas iniciativas de normalización de un vocabulario específico de riesgos y se han propuesto diversos glosarios:

- Vocabulario Controlado sobre Desastres publicado por el Centro Regional de Información sobre Desastres de América Latina y el Caribe (<http://www.crid.or.cr>).
- Glosario de Naciones Unidas.
http://www.unisdr.org/eng/about_isdr/basic_docs/LwR2004/Annex_1_Terminology.pdf
- El Vademecum de protección civil.
<http://www.proteccioncivil.org/vademecum/vdm02535.htm>
- <http://www.ehs.unu.edu/moodle/mod/glossary/view.php?id=1>
-

Otra aportación es el Diccionario de Acción Humanitaria y Cooperación al Desarrollo: (<http://dicc.hegoa.efaber.net/> [consulta 19.10.08]). Se trata de un proyecto dirigido por Karlos Pérez de Armiño y editado por Icaria y Hega en el año 2000. Sintetiza diversos conceptos, problemas, enfoques, organizaciones en los campos humanitario y del desarrollo. Es especialmente de interés el apartado dedicado a la vulnerabilidad donde se desarrollan con detalle los siguientes conceptos : [Ancianos](#) [Campesinos](#) [Desmovilización](#) [Desplazados internos](#) [Indígenas](#) [Mujeres y acción humanitaria](#) [Mujeres y medio ambiente](#) [Mujeres y políticas de ajuste](#) [Mujeres, Enfoques de políticas hacia las](#) [Mujeres, Hogares encabezados por Mujeres,](#) [Violencia contra las Niñas de la calle](#) [Niños soldados](#) [Pastores](#) [Pobreza urbana y rural](#) [Refugiado: definición y protección](#) [Refugiados medioambientales](#) [Refugiados, Campo de](#)

- NOAA Risk and Vulnerability Assessment Glossary :
<http://www.csc.noaa.gov/rvat/glossary.html>

2.13. Tecnologías de la información Geográfica en el análisis de la vulnerabilidad territorial y la evaluación de daños postcatástrofe

El análisis de la bibliografía científica y la documentación técnica manifiesta que para el estudio de la vulnerabilidad a los peligros naturales y la evaluación de daños postcatástrofe se utilizan métodos y técnicas diversos (tecnologías de la información geográfica, estadística, métodos de evaluación multicriterio, métodos delphi, técnicas de microsimulación, etc.) que no son

diferentes a las utilizadas en la evaluación de otras fases del ciclo de los riesgos territoriales. En este apartado, realizaremos una exploración conceptual entorno a las tecnologías de la información geográfica en relación al estudio de la vulnerabilidad y la evaluación de daños postcatástrofe, así como revisaremos algunas experiencias prácticas en este campo. Las conclusiones del apartado servirán de base para fundamentar el desarrollo de la propuesta metodológica que presentamos en el capítulo 3 de esta tesis.

El análisis de vulnerabilidad a desastres naturales y la evaluación de daños postcatástrofe requieren la realización de una serie de tareas cuya ejecución puede verse sustancialmente mejorada mediante la aplicación de las TIG.

Análisis de la exposición a los peligros

El estudio de la exposición de los elementos del territorio a los peligros es una de las principales actividades que las TIG pueden dar apoyo. Será preciso disponer de dos tipos de información; en primer lugar, de la cartografía de los distintos tipos de peligros y, en segundo término, de la cartografía de los elementos del territorio de los que se desea conocer su grado de exposición. Entre estos elementos distinguimos: la población (distribución unidades administrativas, residencias, etc), las infraestructuras y equipamientos, las actividades económicas, aspectos socioeconómicos, los recursos naturales y aspectos medioambientales.

- Evaluación de elementos territoriales. Las TIG pueden ayudar al inventario de los elementos territoriales dando apoyo al inventario de información *in-situ*, mediante la utilización de sistemas GPS, integrando la información extraída del análisis de imágenes de satélite, integrando fuentes de información diversa (fuentes estadísticas, económicas sociales), georeferenciando datos, etc. Los elementos esenciales del territorio deben ser considerados de forma preferente en dicho inventario. La información podrá ser recogida a distintas escalas geográficas y en distintos formatos, y a partir de diversas fuentes pasará a formar parte de una base de datos territorial. Es aconsejable que la información se recoja antes de haberse producido un evento catastrófico e incorpore atributos diversos sobre los elementos del territorio.
- Los SIG ayudarán al análisis de los patrones de distribución de los distintos elementos así como a la identificación de relaciones entre los mismos.
También será de interés la generación de nuevas variables espaciales como accesibilidad, proximidad, densidades, etc, que servirán para caracterizar los elementos territoriales. (p.e. Densidad de población, proximidad a servicios de emergencia, etc). La información catastral constituye una fuente de datos de gran calidad sobre el valor de los bienes inmuebles del territorio.
- Evaluación del peligro. Tradicionalmente las TIG se han utilizado de forma extensiva para la evaluación de peligros mediante la integración de distintos tipos de información mediante el desarrollo de modelos de integración cartográfica multicriterio. También se

utilizan para la generación de variables de base que formarán parte de dichos modelos (por ejemplo, cálculo de pendientes a partir de un modelo digital del terreno) y para proporcionar una interfase de conexión de la información geográfica a otros modelos externos (p.e. Modelos hidrológicos, modelos de simulación, etc). Existen muchas referencias al respecto, como por ejemplo:

Terremotos

Utilización SIG para el desarrollo de modelos de predicción de terremotos (GITIS, 1995). Distribución espacio temporal de los sismos en El Salvador (BENITO OTERINO, CONTRERAS RUIZ, et al. , 2002).

Volcanes y Lahares

Utilización SIG para la modelización volcánica incorporando la evaluación de la incertidumbre (KAUAHIKUA, MARGRITER, et al., 1995). Mattera utiliza los SIG para la evaluación del peligro y riesgo volcánico en una isla italiana. Pondera la capacidad de los SIG para operar con variables estadísticas de tipo continuo (elevaciones, pendientes, distancias, etc.) que considera indispensables para la evaluación del peligro. (MATTERA, PEDRAZA GILSANZ, et al., 2002). También resultan significativas las aportaciones de Andres de Pablo et al. y David Palacios realizadas en el campo de aplicación de los SIG en el análisis de los peligros naturales y en especial de los lahares (ANDRÉS DE PABLO, N., TANARRO GARCÍA, L.M., PALACIOS ESTREMER, D., 2010) (PALACIOS ESTREMER, D.; DE MARCOS GARCÍA, J., 1996).

Deslizamientos

Las referencias en este campo son variadas: (CARRARA, GUZZETTI, et al., 1999) (CHAU, SZE, et al., 2004)(PEROTTO-BALDIVIEZO, THUROWW, et al., 2004)(LAN, ZHOU, et al., 2004)(BONACHEA PICO, 2006) (METTERNICH, HURNI, et al., 2005).

De la Ville (DE LA VILLE, CHUMACEIRO DIAZ, et al., 2002) aplica técnicas de teledetección (*IKONOS*) para la identificación de los daños provocados por los deslizamientos en La Guaira Venezuela, durante Diciembre de 1999. Realiza un estudio de los daños provocados por el deslizamiento y detecta: la aparición de flujos de escombros en grupos devastando grandes extensiones de tierra llegando a zonas urbanas, formación de diques de los escombros al final de los lechos aluviales debido a la inercia de los sedimentos, rocas, árboles y parados por los edificios. Evidencia la necesidad de puesta en marcha de tecnologías de la información geográfica para la mitigación rápida de daños postdesastre, sobre todo en países en vías de desarrollo.

Incendios

Chen en un trabajo sobre la aplicación de los SIG a los incendios forestales señala *“Using GIS for understanding the complex natural hazards in spatial and temporal contexts is considered vital”* (CHEN, BLONG, et al. , 2003, pp. 546).

Jaiswal et al. (JAISWAL, MUKHERJEE, et al., 2002) propone un método de integración de factores territoriales para el cálculo del riesgo de incendios forestales en el que combina distintas variables territoriales recogidas en la siguiente expresión:

$$FR = 10 F + 2 H + 2 R + 3 S$$

FIRE Risk; F : Vegetación; H : Proximidad a zonas habitadas; R : Carreteras; S : Pendientes

Inundaciones

SIG como herramientas para la evaluación del peligro de inundación. (LANZA & SICCARDI, 1995).

Diez (DIEZ HERRERO, 2002) realiza un estudio de aplicación de los SIG en el análisis de la peligrosidad a las inundaciones y señala las siguientes áreas de aplicación

Regionalización de datos de precipitación (MDT, isoyetas, polígonos de Thiessen)

- Obtención de parámetros morfométricos de interés hidrológico desde el Modelo Digital de Elevaciones (divisorias, aéreas, pendientes, longitudes, etc.)
- Discretización de parámetros hidrológicos (umbral de escorrentía)
- Interpolación de alturas de lámina de agua en modelos hidráulicos
- Confección de bases de datos georreferenciadas para inundaciones históricas
- Edición de cartografías integradas de riesgo
- Vinculación de los SIG a los modelos hidrológicos

Integración de peligros

El uso de la TIG se ha generalizado en la evaluación de peligros. Sin embargo todavía sigue siendo un tema crucial la disponibilidad y calidad de información geográfica de base. Carrara ya en 1995 remarcaba *“the crucial issue in hazard assessment is constituted by the input data which remain fundamentally inadequate in quantity and quality for the task to be accomplished”* (CARRARA, CARDINALLI, et al., 1995).

Evaluación elementos expuestos

A partir de la información sobre peligros y elementos territoriales haciendo uso de técnicas de análisis espacial será posible la identificación de la exposición de los distintos elementos territoriales a los peligros. En función de la escala geográfica de análisis y la precisión de la información se llegará a mayor o menor nivel de detalle.

Indicadores.

Las TIG facilitan el cálculo de indicadores geográficos sobre peligros y exposición. Dichos indicadores podrán ser utilizados para dar apoyo a las distintas tareas de planificación y gestión del ciclo de los riesgos. Pe. Ertuga (ERTUGAY & DUZGUN S., 2006) analiza distintas técnicas de análisis SIG para la evaluación de la accesibilidad física en el marco de la evaluación de riesgos sísmicos. En concreto se evalúan el cálculo de accesibilidad zonal, isocronas y técnicas raster.

Evaluación vulnerabilidad intrínseca

Las TIG ayudan al inventario de variables intrínsecas de la vulnerabilidad de tipo genérico o respecto a algún tipo de peligro. Pe. La vulnerabilidad intrínseca de los edificios a los movimientos sísmicos puede venir determinada por el tipo de material de construcción utilizado o el tipo de cimentación. Vulnerabilidad derivada del tipo de comunidad vegetal respecto a su predisposición frente al fuego, etc.

También pueden dar apoyo al inventario, gestión, análisis y representación de variables de tipo socioeconómico que intervienen en la evaluación de la vulnerabilidad social. Pe. Distribución de la población por nivel de renta, edad, accesibilidad a servicios, etc.

Evaluación vulnerabilidad

La aplicación de las TIG a la evaluación de la vulnerabilidad territorial es habitual y son muchas las experiencias existentes (WU, YARNAL, et al., 2002) (CUTTER, MITCHELL et al., 2000) (D'ERCOLE & METZGER, 2004). Sin embargo, el análisis de la vulnerabilidad ha sido un campo de aplicación más reducido que otros áreas dentro del ciclo de los riesgos. En este sentido CHEN (CHEN, BLONG, et al., 2003, pp. 547) señala “*GIS-based risk are more concernid with spatial analytical modeling than data integration and risk decisión making issues, and more concernid with physical hazard modeling than vulnerability assessment*”.

Rashed (RASHED & WEEKS, 2003) apunta que “*The value of GIS in supporting urban vulnerability análisis arises directly from the benefit of integrating a technology designed to support spatial decisión making into a field with a strong need to address numerous critical spatial decisions*”. Asimismo remarca que el análisis de la vulnerabilidad es un problema insuficientemente estructurado “*inherently ill-structured problem of vulnerability*”. Propone una aproximación inductiva basada en el análisis espacial multicriterio.

Otro de los ámbitos de aplicación de las TIG en el campo de los riesgos es la construcción de sistemas de alerta temprana. Al-Sabhan et al proponen la construcción de un sistema de predicción de inundaciones basado en una aplicación SIG a través de la Web. Al-Sabhan señala “*An effective real-time flod modelling and prediction system could help mitigate the worst effects of flood disaster through the rapid dissemination of information regarding threatened areas, that is simple maps of potencial flood water distribution* “. (AL-SABHAN, MULLIGAN

partir de la simulación de los efectos del tsunami se calculan la pérdida potencial de vidas humanas basándose en los tiempos de respuesta a la evacuación por la población.

Gestión del desastre

Gestión de Emergencias (ILMAVIRTA, 1995).

Kaiser (KAISER, SPIEGEL, et al., 2003) realiza un análisis de las aplicaciones de las tecnologías de la información geográfica para la gestión de emergencias humanitarias y destaca los siguientes campos :

- Evaluación de peligros, vulnerabilidades y riesgos
- Evaluación rápida de necesidades (Rapid Assessments)
- Inventario masivo de información
- Análisis de la distribución del desastre
- Construcción de Sistemas de información sanitaria
- Monitorización y evaluación

Alvarez et al señalan las posibilidades de aplicación de los SIG para dar apoyo a las actividades de protección civil (ÁLVAREZ SECO & BARRANCO SANZ, 2002) entre las que se remarcen las siguientes :

- Registrar la información que se recibe en la Sala Nacional de emergencias
- Servir de apoyo en el seguimiento, evaluación y análisis de situaciones de emergencia para facilitar la puesta en marcha de procedimientos operativos de actuación en emergencias.
- Emitir informes de seguimiento, evolución, situación actual, consecuencias, actuaciones, etc, en situaciones de emergencia.
- Emitir listados y estadísticas e incidencias
- Crear archivos históricos
- Facilitar la gestión de medios y recursos
- Ejecutar modelos de simulación.

Gunes señala *"Disaster management consist of various cyclical phases: mitigation, preparedness, response and recovery. Because each phase is geographically related to where people, places and things are spatially located, GIS can be a valuable tools for analysis purposes throughout each cycle."* (GUNES & KOVEL, 2000, pp. 136). Y remarca las siguientes áreas de aplicación de los SIG al área de gestión de emergencias:

- Predicción de desastres. Evaluación de las zonas potencialmente afectadas, identificación de infraestructuras críticas afectadas.
- Análisis de vulnerabilidad. Información de infraestructuras y equipamientos que podrían ser usados en tareas de gestión de la emergencia (hospitales, fuerzas de seguridad, espacios abiertos, etc.)

- Evaluación de daños. Generación de informes de los efectos de los daños.
- Materiales peligrosos.

Los Sistemas de Información geográfica (SIG) constituyen un instrumento metodológico ampliamente utilizado en las tareas de apoyo a la gestión de los riesgos territoriales. La incorporación de los SIG a los organismos de Protección Civil en España han desarrollado dos líneas de aplicaciones diferentes (VALLEJO VILLALTA, 2000). La primera se orienta a la confección y actualización de los mapas de riesgo. Es un tipo de aplicación *‘preventiva’* y que requiere una constante actualización de la información territorial. La segunda línea de aplicación se dirige a la gestión de emergencias. Esta última está muchos más desarrollada a todos los niveles ya que podríamos decir que se orienta hacia el modelo *‘curativo’* la cual asiste en las tareas de movilización de efectivos, coordinación de infraestructuras y servicios, etc.

El uso de los GIS en el dominio de la prevención y mitigación de catástrofes naturales no es todavía una actividad generalizada. Sin embargo, tal y como señala Zerger (ZERGER & INGLE SMITH, 2003) *‘corporate GIS databases developed initially to manage land records, property values, planning and zoning regulations and other administrative tasks are being extended to accommodate natural hazard risk management risk’*.

Chen (CHEN, BLONG, et al. , 2003) propone un modelo para el análisis integrado para la evaluación de riesgos provocados por peligros naturales (Figura 2.87):

- Integración de datos. Inventario, estructuración, combinación y registro de información recogida respecto a riesgos, peligros.
- Evaluación de riesgos. Examen de aspectos individuales del peligro y la vulnerabilidad.
- Toma de decisiones. Concluye el proceso de evaluación y proporciona decisiones útiles para facilitar la gestión práctica del riesgo.

Implementación de sistemas cartográficos a través de internet para el estudio de los riesgos territoriales (HEROLD, SAWADA, et al. , 2005)

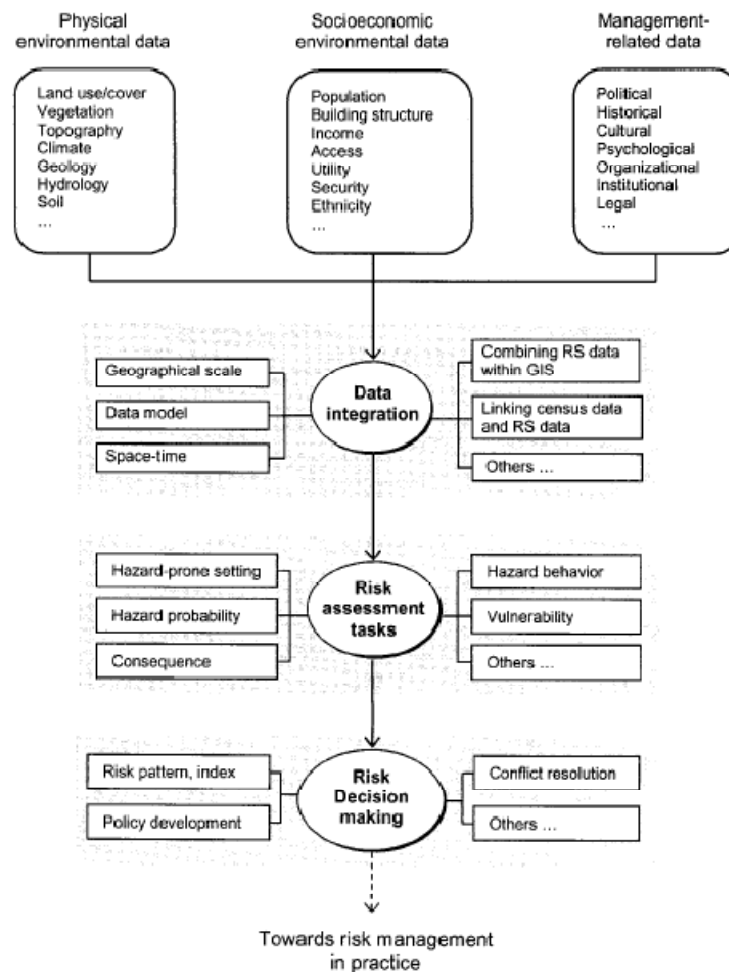


Figura 2.87. Modelo de evaluación de riesgos mediante SIG
Fuente : (CHEN, BLONG, et al. , 2003)

La utilización de los Sistemas de Información Geográfica en el ámbito de la gestión sanitaria ha sido tratada desde hace ya algunos años por diversos autores (VINE, DEGNAN, et al. ,1997)(ROPER & MAYS, 1999)(MOORE & CARPENTER, 1999)(ROBINSON, 2000);el área de la emergencia, sin embargo ha recibido menor atención.

Existen numerosas referencias de aplicación de los SDSS en el ámbito del análisis de la vulnerabilidad territorial frente a desastres naturales y la evaluación de daños postcatástrofe:

- LI (LI, WANG, et al. ,2005) propone un SDSS para dar apoyo al cálculo de precios de las primas de seguros frente a tifones. Incorpora funcionalidades de incerteza y fuzzy aplicada a tres fases del ciclo de los riesgos; simulación de de peligros, evaluación de riesgo fuzzy, y asignación de precios para seguros. El modelo es evaluado en el área de Guangdong, China.
- BRAZIER (BRAZIER & GREENWOOD, 1998) proponía una aplicación SIG para la planificación en la localización de instalaciones peligrosas. HSEMAP (Health and Safety

Executive) orientado a dar apoyo a la planificación local en la localización de instalaciones peligrosas. El modelo utilizado se basaba en el uso de un modelo de evaluación cuantitativo de riesgos (Quantified risk assessment, QRA) que realizaba un análisis de distancias para dar apoyo a la decisión.

- (ZHANG, ZHOU, et al. , 2002) han desarrollado un sistema NPOIS (*Nacional Professional and Operacional Integrated System*) para la gestión del riesgo de inundación en china que incluye las siguientes salidas (Figura 2.88):

Antes de la inundación:

Calcular la distribución de áreas que están en riesgo mediante comparación de la altura de las inundaciones históricas sobre los modelos digitales del terreno.

Estimación de pérdidas sociales y económicas bajo diferentes alternativas de escenarios de inundación.

Sugerir la mejor alternativa para la evacuación de la población de las áreas de riesgo.

Sugerir la mejor alternativa para almacenar y transportar materiales de prevención y mitigación.

Durante la inundación:

Monitorización dinámica de áreas inundadas.

Estimar la expansión de las áreas inundadas de acuerdo a los datos meteorológicos y las predicciones hidrológicas.

Optimizar el transporte de materiales para la mitigación del desastre (disaster relief).

Después de la inundación:

Cálculo de pérdidas en ámbitos administrativos, lo cual permite a las agencias del gobierno fondos de compensación y para las compañías aseguradoras calcular los pagos.

Sistemas de reconstrucción, infraestructuras de aguas, y nuevas localizaciones.

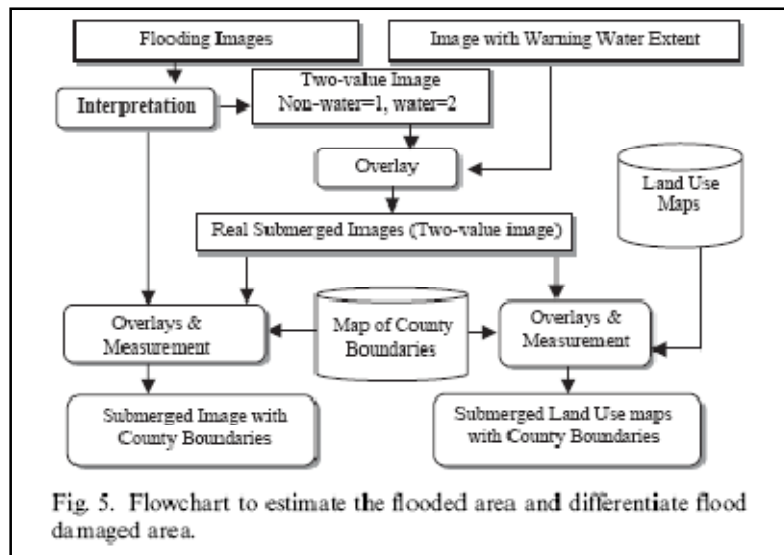


Figura 2.88. Diagrama de evaluación de la zona inundada y las zonas dañadas por la inundación (ZHANG, ZHOU, et al. , 2002)

- PAPAMICHAÏ (PAPAMICHAIL & FRENCH, 2005) propone un sistema de ayuda a la decisión para la gestión de emergencias nucleares.
- La utilización de las TIG como sistemas de ayuda a la decisión en el campo de la gestión de inundaciones es muy variado (ZERGER & WEALANDS ,2004). Billa apunta “*Spatial information Technologies, in the form of geographic information systems (GIS) and remote sensing (RS), have made major advances in both theory and application for studies of flood management. These technologies have become key components of interdisciplinary research into flood resources management*” (BILLA, MANSOR, et al., 2004). Billa presenta el sistema GEOREX desarrollado en 2002 con el objetivo de proveer a las autoridades de Malaysia un eficiente y eficaz sistema de predicción de inundaciones, para mejorar las medidas preventivas con objeto de minimizar las consecuencias de las inundaciones en las poblaciones locales (Figura 2.89).

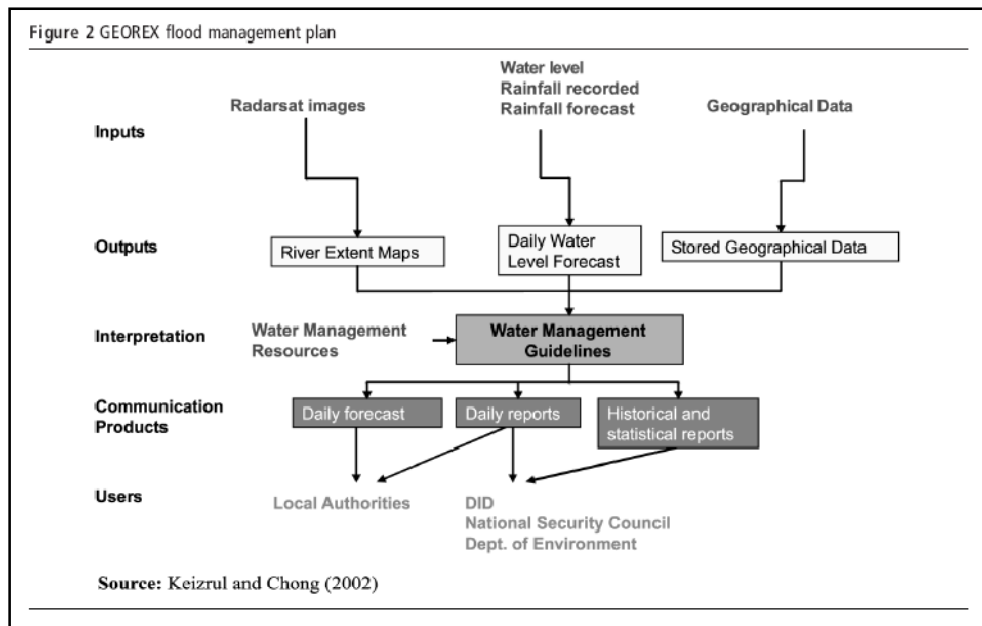


Figura 2.89. Sistema SIG de predicción de inundaciones
Source (BILLA, MANSOR, et al., 2004)

- Gómez-Fernández propone el sistema VRAIS para la gestión y mitigación de las catástrofes volcánicas (GÓMEZ FERNÁNDEZ, 2002) resolviendo las siguientes tareas :
 - Facilitar el estudio determinístico del peligro y el riesgo volcánico.
 - Proporcionar herramientas para estudiar y planificar las medidas de emergencia a tomar en caso de posibles eventos.
 - Realización de simulacros y entrenamiento de personal técnico en organizaciones responsables de la gestión de emergencias.
 - Herramienta científica para chequear la solidez de los modelos físicos.

Más de la mitad de los países del mundo están de alguna forma relacionados con el desarrollo de infraestructuras de datos espaciales (IDE) (CROMPVOETS, BREGT, et al., 2004). La comunidad científica internacional está prestando un interés creciente a la interoperabilidad y los riesgos territoriales (PAULUS & BÄK, 2004).

Tal y como señala Rajabifard (RAJABIFARD, FEENEY, et al., 2003) el desarrollo de las IDEs ha propiciado una importante serie de campos:

- Desde el producto al proceso
- Desde productores de datos a usuarios de datos
- Desde la creación de bases de datos a la compartición de datos
- Desde estructuras centralizadas a estructuras descentralizadas
- Desde la formulación a la implementación
- Desde la coordinación a la gobernanza
- Desde una participación única a una participación múltiple
- Desde estructuras organizacionales existentes a nuevas estructuras

La creación de IDE es una tarea de largo plazo, que puede llevar años o incluso décadas. Se trata de un proceso que refleja como una organización se reinventa a sí misma a través del tiempo. (MASSER, 2005)

Carta sobre Cooperación para el Logro del Uso Coordinado de Instalaciones Espaciales en Catástrofes Naturales o Tecnológicas http://www.disasterscharter.org/charter_s.html

En el ámbito de los riesgos territoriales cobra una especial relevancia el desarrollo de enfoques participativos. No es suficiente que de forma particularizada, en un territorio se conozcan los distintos elementos del ciclo de los riesgos (peligros, vulnerabilidades, emergencia, daños, etc.). Es preciso que la información sea accesible de forma generalizada para la población, agentes sociales, personal técnico, administraciones, etc. En este sentido la información geográfica sobre los riesgos cobra un protagonismo esencial. El mapa como elemento de comunicación juega un papel imprescindible para la representación de los aspectos relacionados a los riesgos territoriales.

La investigación acerca del proceso de participación pública se basa en ciencias sociales y ciencias de la información y la tecnología. De hecho, el contexto cultural de las comunidades se considera uno de los factores clave en el proceso de participación, más que un problema de acceso a equipamiento (CRAIG, HARRIS, et al. , 2002)

Líneas pendientes de desarrollo TIG en el ámbito de los riesgos

Algunos autores han señalado que a pesar de los avances tecnológicos, para algunos tipos de desastres no han supuesto una reducción importante de las pérdidas. Montz destaca (MONTZ & GRUNTFEST ,2002) "*New Technologies promise reduced flash flood losses. However, real-time observation with vast multi-sensor networks, more precise mapping capabilities using remote sensing and GIS, quicker hydrological and meteorological models, and increasing forecast lead times have not reduced losses*". En este trabajo se señala que las recomendaciones serían:

- (1) Mayor énfasis en el conocimiento de los procesos sociales implicados en los sistemas de alerta por inundaciones, especialmente en las fases de respuesta.
- (2) Necesidad de reducir la vulnerabilidad, especialmente en aspectos económicos y sociales.

Coppock (COPPOCK, 1995) atribuía las limitaciones de los modelos de SIG al análisis de los riesgos y sus componentes a los siguientes factores :

- deficiencias en los SIG comerciales en la modelización de datos socioeconómicos que representan información sobre vulnerabilidad.
- Falta de información apropiada.
- Incapacidad de adaptarse a las necesidades de los usuarios de forma adecuada.

- Falta de métodos apropiados que se basen en el entendimiento del fenómeno bajo observación.

Entre las líneas de desarrollo importantes de las TIG en el campo de la gestión de riesgos y emergencias destacamos las siguientes:

- Evolución de los sistemas de adquisición e integración de datos.
- Sistemas de análisis de datos
- Sistemas de proceso distribuido
- Mejora de los sistemas visualización
- Interoperabilidad
- Sistemas de ayuda a la decisión
- Participación

Los SIG se han utilizado ampliamente para el análisis de riesgos y vulnerabilidad, pero poseen limitadas funcionalidades al no incorporar herramientas de inteligencia artificial y análisis estadístico: *“GIS has played an important role because it gives excellent visualization and management of geospatial information, provides access to geospatial and socioeconomic databases and spatial analyses tools, is compatible with other analysis tools”* (LI, WANG, et al. , 2005)

Murat (MURAT, RIVERA, et al., 2004) propone un método de evaluación de la incertidumbre asociada al cálculo de la vulnerabilidad de los acuíferos utilizando tecnología SIG. Los errores que dan lugar a dicha incertidumbre son de cuatro tipos:

- Errores conceptuales. Derivados de diferencias conceptuales y semánticas entre las referencia y parámetros de los modelos y la propia realidad.
- Errores de medida. Normalmente relacionados con la calibración de los instrumentos de valoración. Para el caso de utilización de información georreferenciada, son errores derivados de una baja calidad en los datos de base, falta de precisión, inexactitud, etc.
- Errores de almacenamiento. Aparecen como consecuencia de fallos en el sistema de backup de los datos.
- Errores de procesamiento. Conversiones erróneas, errores en los sistemas de transformación o derivados de operaciones de geoproceso.

Las principales líneas de investigación en torno a la gestión de riesgos de las TIG se orientan a los siguientes temáticas (CUTTER, 2003)(RADKE, COVA, et al., 2000):

- Adquisición e integración de datos espaciales
- Computación distribuida
- Representación dinámica de los procesos físicos y humanos
- Interoperabilidad
- Análisis espacial
- Integración de la incertidumbre en los modelos
- Sistemas de Ayuda a la Decisión Espacial

Una de las limitaciones de su uso es:

- En la evaluación de daño, las labores de emergencia son todavía necesarias y es difícil compaginar el uso del SIG con otras técnicas.
- No existe suficiente información por parte de organismos de emergencia del uso de las técnicas SIG, lo cual sería del todo necesario.
- Otra de las cuestiones críticas es la necesidad de datos actualizados y relevantes. (Hazus pe. incluye BD sobre edificios, estructuras, modelos económicos a nivel nacional)
- Necesidad de datos y respuestas en tiempo real.

La utilización de la tecnología SIG en el proceso de participación pública (PPGIS) supone el acceso transparente a datos espaciales para facilitar diversos problemas en los que la localización espacial juega un papel fundamental (JANKOWSKI & NYERGES, 2003).

3. Propuesta metodológica para el análisis de la vulnerabilidad territorial

De forma tradicional, el análisis del riesgo por parte de la comunidad científica ha prodigado más una visión desde el peligro y la gestión de la emergencia que desde cualquier otra perspectiva. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que los episodios catastróficos han ido incrementando día a día sus efectos negativos, tanto en número de víctimas como en costes económicos, por lo que ha sido necesario replantearse el enfoque. Tal y como vimos en capítulos anteriores, no solo el peligro interviene en la evaluación del riesgo, sino que existen otros muchos factores que pueden ser incluso más responsables de sus efectos. La vulnerabilidad es uno de dichos factores y la cual juega un rol determinante en las consecuencias de los desastres naturales.

La revisión del “estado del arte” de la vulnerabilidad a los desastres naturales y la evaluación de daños realizada en capítulos anteriores ha evidenciado que el estudio de la vulnerabilidad es un tema de creciente actualidad y que por su trascendencia social y económica ocupa y preocupa a los gobiernos y organizaciones en todos sus niveles (local, regional, nacional, internacional, global). De forma creciente se desarrollan políticas, planes y proyectos en el ámbito de la prevención y mitigación de desastres naturales, especialmente en países expuestos a peligros naturales, las cuales se orientan en su mayoría a la reducción de la exposición a peligros, a la gestión eficaz de la emergencia y en los últimos años se han incrementado las actuaciones para la reducción de la vulnerabilidad social y el estímulo de capacidades para hacer frente a los desastres.

El análisis de la vulnerabilidad a los desastres naturales, especialmente la relacionada con las consecuencias del cambio climático, ha emergido como una línea de investigación prioritaria de la comunidad científica internacional en la que convergen distintas disciplinas científicas (geografía, sociología, economía, ingeniería civil, etc.). Sin embargo, a pesar de su relevancia se constata todavía cierta inmadurez conceptual testimoniada por una diversidad de marcos teóricos, ausencia de metodologías normalizadas de evaluación, así como también una falta de consenso terminológico.

La geografía del riesgo es un área científica que se interesa por los distintos aspectos territoriales relacionados con el riesgo y en el que el estudio de la vulnerabilidad territorial ocupa un lugar destacado. A pesar de la gran importancia del componente geográfico en la planificación, análisis y gestión de los riesgos y desastres, la realidad es que no ha recibido una atención singular. El estudio de la vulnerabilidad territorial a los desastres naturales debería ser un tema preferente en la geografía del riesgo ya que aporta una visión geográfica a la problemática del riesgo y puede contribuir de forma efectiva a la reducción de las consecuencias de los desastres.

El análisis de la vulnerabilidad es una tarea compleja debido, entre otras circunstancias, a su carácter multifactorial. Como hemos señalado en capítulos anteriores, los métodos de evaluación de la vulnerabilidad territorial frente a los desastres naturales provienen en su mayoría del desarrollo de experiencias prácticas adaptadas específicamente al estudio de casos concretos y no existen métodos validados de evaluación. Por ello es habitual el uso de indicadores que ayudan a la caracterización y conjugación de sus diversas componentes, como la exposición, susceptibilidad, la capacidad de hacer frente al desastre u otros factores

Los SIG son una tecnología adecuada para el estudio de los riesgos naturales y de la vulnerabilidad territorial por sus capacidades de análisis e integración de la información geográfica. A pesar de ello, no existen muchas referencias de aplicación de los SIG al análisis de la vulnerabilidad territorial.

En este capítulo se propone una metodología para la evaluación de la vulnerabilidad territorial frente a desastres naturales basada en la consideración de la vulnerabilidad como una variable multifactorial modelizada mediante el uso de sistemas de información geográfica y técnicas de simulación. El modelo planteado supone un avance significativo el análisis holístico de la vulnerabilidad territorial al plantear su descomposición en tres componentes: la exposición al peligro, la vulnerabilidad intrínseca y la vulnerabilidad social e incorporando la incertidumbre en su valoración.

Tal y como señalamos en capítulos precedentes, no existe acuerdo unánime sobre la delimitación del concepto de vulnerabilidad. Algunos autores consideran que todos aquellos componentes del riesgo que no hacen referencia al peligro, como la exposición o la capacidad de hacer frente, podrían ser considerados insertos el dominio de la vulnerabilidad (CARDONA ,2001), sin embargo otros autores no los consideran integrados sino independientes a la misma. El modelo que proponemos apuesta por la primera opción, de forma que la vulnerabilidad integraría todo el conjunto de aspectos responsables de los efectos del desastre con la excepción del peligro. Esta aproximación fomenta una concepción holística de la vulnerabilidad en la que el “todo” es algo más que la suma de las partes y se establecen interacciones entre elementos que dan lugar a nuevas propiedades emergentes.

La aproximación al estudio de la vulnerabilidad territorial propuesta asume un doble ejercicio de modelización:

- la asunción de un modelo de espacio geográfico estructurado en un conjunto de componentes interrelacionadas entre las que se incluyen: la población, las infraestructuras, la ocupación del suelo y el medio ambiente. En este caso, la vulnerabilidad es una propiedad manifestada por cada una de dichas componentes y su integración da lugar a una propiedad territorial.

- la consideración de la vulnerabilidad como un atributo multifactorial en el que intervienen factores ligados a la localización geográfica (exposición) , así como factores físicos (vulnerabilidad intrínseca) y también sociales (vulnerabilidad social).

La incertidumbre acompaña al proceso de modelización de la vulnerabilidad puesto que las variables de las que depende no son todas discretas o continuas sino que presenta una gran variabilidad, hecho que dificulta su evaluación. El origen de la incertidumbre en el análisis de la vulnerabilidad proviene de diversas fuentes:

- Incertidumbres en el cálculo de la exposición frente a los peligros. La delimitación geográfica y valoración de los peligros posee una incertidumbre asociada al propio cálculo del peligro, P.e. la consideración de una u otra variable en el cálculo del peligro o su valoración en el modelo puede suponer la consideración de una zona en peligro o no.
- Incertidumbre en la valoración de los elementos territoriales expuestos. Pe. población expuesta, valor económico de los cultivos expuestos, valor ambiental de una zona, etc.
- Incertidumbre en la vulnerabilidad intrínseca de los elementos territoriales. La consideración del comportamiento de cada elemento del territorio frente a un peligro potencial está también sujeta a gran incertidumbre ya que es un proceso en el que pueden intervenir muchos aspectos. P.e. el comportamiento de un tipo de cultivo, o una construcción a un tipo de desastre puede ser variado.
- Incertidumbre en la vulnerabilidad social. La vulnerabilidad social de un territorio es también una variable de incertidumbre, ya que son muchos los factores que pueden intervenir en su evaluación y cada uno de ellos puede jugar un papel diverso. P.e. la población anciana es más vulnerable que la adulta si es un hecho, pero saber cuanto más, es una cuestión indeterminada.

3.1. Marco conceptual y metodología

El enfoque que proponemos integra aspectos de diversos marcos conceptuales de la vulnerabilidad que vimos en anteriores capítulos: Hazard of Place (CUTTER, 1996) BBC, etc. La vulnerabilidad se entiende como un concepto aglutinador de los diferentes factores relacionados con la respuesta frente a un peligro natural y la causa de que un evento se transforme en desastre.

La expresión más común del riesgo es :

$$\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Exposición} \times \text{Vulnerabilidad} (1)$$

Si tal y como Cardona plantea (CARDONA, 2003) consideramos que la exposición al peligro forma parte de la vulnerabilidad la fórmula se simplificaría:

$$\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad} \text{ (2)}$$

La exposición representa los bienes expuestos y está integrada por dos factores: el primero es la manifestación geográfica del peligro, el segundo es el valor de los bienes expresado en unidades cuantitativas (euros, hectáreas, metros lineales, etc). Consideramos razonable que la vulnerabilidad incorpore en su definición a la exposición porque ambos factores (tanto la localización geográfica como el valor ambiental, patrimonial, etc.) son atributos de los bienes expuestos y guardan relación con la susceptibilidad de los bienes.

El riesgo normalmente se expresa en términos económicos o unidades cuantitativas (personas, euros,..) y el peligro siempre expresa probabilidad (De 0 a 1), por lo que la vulnerabilidad debería expresarse en las mismas unidades que el riesgo. A modo explicativo, si contamos con que la exposición fuese el único componente de la vulnerabilidad, la vulnerabilidad territorial se incrementaría preferentemente en zonas expuestas de valor económico elevado.

Si el peligro fuese máximo (igual a 1), es decir máxima probabilidad de que se produzca el evento de una determinada intensidad, la fórmula del riesgo se expresaría del siguiente modo:

$$\text{Riesgo} = \text{Vulnerabilidad} \text{ (3)}$$

A pesar de que el peligro ha desaparecido de la fórmula, hay que tener en cuenta que existe una estrecha relación entre la vulnerabilidad y la severidad del evento catastrófico, y que el grado de vulnerabilidad estaría condicionado por la propia severidad del evento.

Un peligro de máxima probabilidad puede asimilarse propiamente a un evento catastrófico. Así, el riesgo puede transformarse en daños potenciales:

$$\text{Daños Probables} = \text{Vulnerabilidad} \text{ (4)}$$

En este caso las unidades del daño, volverían a ser las unidades de la vulnerabilidad. (personas afectadas, costes económicos, nº hectáreas afectadas, edificios derribados, m² espacios naturales afectados, etc.).

Por lo tanto, Vulnerabilidad/Riesgos/Daños son tres aspectos de una misma realidad cuya transformación de uno a otro es una cuestión probabilística condicionada por la amenaza.

La vulnerabilidad además de la exposición geográfica al peligro también incorpora dos aspectos fundamentales: la susceptibilidad propia de los elementos expuestos a padecer los efectos de un evento natural debido a sus atributos constitutivos (vulnerabilidad intrínseca) y las cuestiones relacionadas con la capacidad de la población/comunidad a hacer frente al desastre.

La vulnerabilidad intrínseca depende de un conjunto de atributos de los elementos territoriales que guardan relación con su respuesta a los eventos catastróficos. En esta temática se ha realizado un intenso trabajo por parte principalmente de ingenieros de la obra pública en la construcción de funciones de daño. Dichas funciones asignan una magnitud de daño (expresada en porcentaje o probabilidad) en función de un tipo e intensidad de evento (pe. nivel de aguas de inundación) a un elemento territorial de una determinada configuración (pe. tipología edificación, material constructivo, etc). Sin embargo, todavía queda mucho trabajo por realizar, muchos elementos por valorar. La vulnerabilidad intrínseca se expresa de forma porcentual (tanto por uno).

La capacidad de hacer frente a la catástrofe se incluye propiamente en el concepto de vulnerabilidad social la cual tradicionalmente ha merecido siempre la menor dedicación. En su valoración intervendrán un conjunto de variables de tipo socioeconómico cuya importancia podrá ser diferente. La vulnerabilidad social también se expresa en unidades porcentuales /tanto por uno.

3.2. Vulnerabilidad Territorial. Componentes

La vulnerabilidad frente a desastres naturales es una propiedad específica de los elementos del territorio (Pe. edificios vulnerables, cultivos vulnerables o bosques vulnerables) y a su vez también describe una característica de un ámbito geográfico (Pe. zona vulnerable, municipio vulnerable, estado vulnerable, región vulnerable, etc.). La vulnerabilidad territorial converge de la fusión de ambos extremos haciendo referencia tanto a la condición de un emplazamiento como a las propiedades del conjunto de elementos territoriales que contiene. Un territorio vulnerable da lugar a elementos territoriales vulnerables y a su vez elementos territoriales vulnerables dan lugar a un territorio vulnerable. Se establece una relación biunívoca elemento territorial vulnerable – territorio vulnerable.

Componentes

Vamos a diferenciar tres componentes de la vulnerabilidad territorial (*VT*) frente a desastres naturales:

- La **exposición territorial** (*ETr*) frente a peligros naturales (pe. peligro incendio, inundación,..). Posee una componente geográfica implícita y constituye la vulnerabilidad territorial por exposición. Un territorio expuesto al peligro es un territorio vulnerable por exposición. Si el territorio se expone a más de un peligro incrementará su vulnerabilidad por exposición desde el punto de vista cualitativo. Los atributos de los elementos territoriales expuestos, en términos de valor intrínseco, condicionan dicha vulnerabilidad. Pe. una zona urbana y poblada expuesta posee mayor vulnerabilidad que un área deshabitada y sin patrimonio. Podemos expresar la exposición territorial del siguiente modo :

$$ETr = Vat \cdot Tp$$

VaT : Valor Territorial Tp : Territorio en Peligro

La Vat se expresa en unidades cuantitativas de valor (euros, metros cuadrados, metros lineales, nº elementos, nº personas, etc). Tp según la escala geográfica de análisis puede expresarse en porcentaje representando la superficie total expuesta (pe. 25 % territorio expuesto) o a nivel cartográfico se representaría de forma binaria (0: zonas no expuestas, 1: zonas expuestas).

Debemos indicar que el factor Tp (Territorio en Peligro) no equivale al peligro, solo representa su distribución geográfica a efectos de identificar el territorio expuesto. Si se incorporase un valor porcentual que reflejase su magnitud estaríamos hablando de riesgos, no de vulnerabilidades.

- La **vulnerabilidad territorial intrínseca** (Vi) hace referencia a las características intrínsecas de los elementos del territorio en relación a su susceptibilidad frente a los distintos peligros. Se distinguen dos niveles, las características intrínsecas propias del territorio expuesto relacionadas con su localización geográfica (pe. accesibilidad territorial, proximidad a centros de emergencia, visibilidad territorial, etc) y las características intrínsecas de los elementos expuestos que les hace vulnerables (pe. tipo de material constructivo, tipologías edificatorias, capacidad resistencia al viento, etc).

La Vi se expresa en valor porcentual (tanto por uno) indicando un nivel de vulnerabilidad 1 para aquellos elementos que presentan máxima vulnerabilidad.

- La **vulnerabilidad social** (VS) Incluye el conjunto de aspectos sociales y económicos de un espacio geográfico. (pe. nivel de renta, desempleo, educación, etc) que hacen a la población y a su patrimonio más o menos capaces de hacer frente al desastre.

La VS también se expresa a nivel porcentual (tanto por uno).

A partir de dichas componentes expresamos la vulnerabilidad territorial del siguiente modo:

$$\text{Vulnerabilidad Territorial Integrada} = f(ET, Vi, VS)$$

ET : Exposición Territorial, $VTri$: Vulnerabilidad Territorial intrínseca : VS : Vulnerabilidad social

Dado el carácter probabilístico de VTI y VS , se considera adecuado que la relación se represente como producto de los tres factores:

$$VTI = ET \cdot Vi \cdot VS$$

Pe. Supongamos que Etr tiene un valor de 1 millón de euros, Vi del 0.5 y VS de 0.5 la vulnerabilidad territorial obtendría un total de : $VTI = 1 \text{ millón} \times 0.5 \times 0.5 = 250.000 \text{ euros}$

Dicha fórmula se podría desagregar para representar los distintos tipos de peligros a los que se encuentra sometido el territorio:

$$VTI = \frac{\sum_{p=1}^n ETr_p \cdot Vi_p \cdot VS}{n}$$

ETr : Exposición Territorial, Vi : Vulnerabilidad Territorial Intrínseca,
 VS : Vulnerabilidad social, p : tipo de peligro (Inundación, Terremoto, Deslizamiento, etc.)

Si no consideramos las características intrínsecas de los elementos expuestos, sino sólo las características territoriales, podemos extraer la influencia del tipo de peligro en la vulnerabilidad intrínseca, quedando la expresión del siguiente modo:

$$VTI = \frac{\sum_{p=1}^n ETr_p \cdot Vi \cdot VS}{n}$$

ETr : Exposición Territorial, Vi : Vulnerabilidad Territorial Intrínseca,
 VS : Vulnerabilidad social, p : tipo de peligro (Inundación, Terremoto, Deslizamiento, etc.)

Si descomponemos la Exposición Territorial en sus componentes, la expresión quedaría de la siguiente forma:

$$VTI = \frac{\sum_{p=1}^n (Vat \cdot Tp_p) \cdot Vi \cdot VS}{n}$$

Vat : Valor Territorial ; TP : Territorio en Peligro, Vi : Vulnerabilidad Territorial Intrínseca,
 VS : Vulnerabilidad social, p : tipo de peligro

3.3. Vulnerabilidad Territorial. Escala geográfica.

La expresión “vulnerabilidad territorial” hace referencia a la vulnerabilidad de un ámbito geográfico. Dicho ámbito puede ser de una extensión geográfica variada: una zona, un municipio, una comarca, una región, un estado, un continente o un área geográfica más extensa.

La definición de un ámbito geográfico de análisis va a condicionar la utilización de una determinada escala geográfica. La escala geográfica repercute en la representación de los elementos en el territorio y también condiciona la existencia y disponibilidad de información. En particular, la información socioeconómica normalmente se asocia a unidades de tipo administrativo por lo que es difícil aumentar su nivel de detalle.

El método propuesto distingue dos unidades geográficas de análisis:

- El término municipal (**EL**: escala local). Se analiza la vulnerabilidad a nivel municipal. En este caso se puede disponer de amplia información territorial relativa a aspectos demográficos, sociales, económicos, ambientales, territoriales. La mayoría de censos y padrones de población, y estadísticas territoriales, utilizan esta unidad geográfica por lo que es más sencillo acceder a información de diversas fuentes de datos. La utilización del término municipal como unidad geográfica de análisis es adecuada para la planificación del riesgo a un nivel regional, pero es poco operativa a otros niveles que exijan mayor precisión.
- Píxeles de tamaño variable (5 km., 1 km..) (**EP**: Escala Pixel). Este tipo de unidad geográfica puede proporcionar mayor precisión geográfica, pero tiene la desventaja de que la disponibilidad de información socioeconómica es mucho menor. Se han tomado dos niveles de precisión con objeto de dar respuesta a una planificación de riesgos tanto de tipo regional como zonal. El píxel proporciona mayor nivel de detalle y permite una zonificación de la vulnerabilidad más precisa y la identificación concreta de las zonas más vulnerables. Algunas variables socioeconómicas para las que sólo se dispone de información a nivel municipal son transformadas en píxeles con objeto de incluir dicha información en el modelo de evaluación de la vulnerabilidad.

3.4.. Elementos territoriales

El modelo territorial de vulnerabilidad que se propone simplifica el espacio geográfico en cuatro factores: la población (POB), las infraestructuras/equipamientos (IN), las actividades económicas/ocupación del suelo (AE) y el medio ambiente (MA).

$$Territorio = f (POB, IN, AE, MA)$$

Cada uno de dichos factores, a su vez, incluye diversas variables territoriales asociadas. Pe. dentro de infraestructuras y equipamientos se incluiría el equipamiento escolar, el equipamiento

deportivo, o dentro del medio ambiente: la vegetación, el paisaje, o en la población: la población diseminada, la población en núcleos, etc.

$$POB = f(Pob_1, Pob_2...); IN = f(in_1, in_2...)$$
$$AE = f(ae_1, ae_2...); MA = f(ma_1, ma_2...)$$

3.4.1. Población

La población es el factor de mayor importancia en la valoración de la vulnerabilidad territorial; en primer lugar, por el papel que juega como componente territorial y en segundo término, como factor determinante de la vulnerabilidad social.

A nivel de EL, la población a efectos de análisis de vulnerabilidad se expresa en número de habitantes por unidad administrativa (municipio, distrito, etc) o densidad de población. En la mayoría de los casos los datos demográficos proceden de censos o padrones de habitantes e incluyen información de unidades administrativas. Dichos datos se refieren al total de población, los grupos de edad, por sexos, etc, así como también incluyen datos de densidad de población o niveles de dispersión. Se valora también el hecho de que pueda existir una población flotante no censada (turismo, inmigración, etc) por lo que se acude a otro tipo de censos que reflejen esta situación.

A EP, la población se representa como un promedio de la población existente en cada retícula. También debe considerarse la movilidad de la población a lo largo del día, de forma que carreteras, centros de trabajo y actividad económica, zonas recreativas poseen una carga poblacional significativa a distintas horas del día y/o épocas del año.

La Vulnerabilidad intrínseca de la población hace referencia a características que las hace más susceptibles a un tipo de desastre. Pe. el género, la edad de las personas, su nivel cultural, la disponibilidad de medios de comunicación (radio, tv, Internet, telefonía), la etnicidad, etc.

La accesibilidad territorial es también un factor a considerar en la vulnerabilidad. Mayor accesibilidad es sinónimo de menor vulnerabilidad intrínseca de la población por capacidad de evacuación y posibilidad a que los servicios de emergencia puedan tomar medidas de mitigación del desastre. La vulnerabilidad intrínseca de la población se relaciona estrechamente con la vulnerabilidad social y algunos aspectos recogidos en la vulnerabilidad intrínseca forman parte también de la vulnerabilidad social. De hecho, en la vulnerabilidad social de la población se recogerían aspectos relacionados con la propia capacidad de hacer frente a la catástrofe como: nivel de renta de la población, capacidad de endeudamiento, existencia de sistemas de alerta temprana, gasto público, existencia de redes sociales estables, estructura administrativa estable, grado de dispersión del poder público, etc.

La expresión matemática de la vulnerabilidad de la población sería la siguiente:

$$VT_{Pob} = \frac{\sum_{p=1}^n (Va_{Pob}) Tp_p Vi_{Pob_p} Vs}{n}$$

V_{Pob} : Vulnerabilidad Población, Va_{Pob} : Valor Población, Tp : Territorio Peligro,
 V_{Pobi} : Vulnerabilidad Intrínseca Población , Vs : Vulnerabilidad social, p : tipo peligro

La unidades de V_{Pob} pueden ser personas/habitantes, o hectáreas de zonas pobladas. A efectos de integración con la Vulnerabilidad Territorial Total podría darse un valor económico a las vidas expuestas si se considera apropiado. Para ello, podrían utilizarse tablas de valoración que utilizan las compañías aseguradoras.

Una zona poblada es una zona potencialmente más vulnerable a los efectos de una amenaza natural que una despoblada.

3.4.2. Infraestructuras y equipamientos

Las infraestructuras y equipamientos son elementos territoriales que proporcionan los medios adecuados para el desarrollo correcto de las actividades que los seres humanos desarrollan en el territorio. Algunas de dichas infraestructuras son consideradas esenciales por el papel que juegan en dotar de calidad de vida a las personas (suministro energético, suministro y depuración de aguas, transporte y comunicaciones, telefonía, equipamiento sanitario, equipamiento escolar, equipamiento de seguridad, etc).

A una EL, el número y características de las infraestructuras y equipamientos del territorio se asigna a las unidades administrativas en las que se encuentran. Pe. 5 hospitales (municipio de Malaga), 3 centrales eléctricas (municipio de Salamanca), etc, 80 kms. Autopista (municipio de Sabadell). También puede asignarse el valor económico de las infraestructuras a cada unidad administrativa.

A EP, las infraestructuras se representan por el número de elementos o cobertura en cada unidad territorial. Cada retícula proporciona información cuantitativa del número y tipo de infraestructuras que contiene o de su valor económico.

La vulnerabilidad intrínseca de las infraestructuras se relaciona con sus características estructurales (materiales, características técnicas, etc), así como con el servicio que proporcionan a la población. El nivel de frecuentación de una carretera o el número de suministros que proporciona una central eléctrica se relacionan con su vulnerabilidad intrínseca. La accesibilidad territorial es también un factor a considerar en la vulnerabilidad intrínseca de las infraestructuras. Mayor accesibilidad es sinónimo de menor vulnerabilidad intrínseca por capacidad de evacuación y posibilidad a que los servicios de emergencia puedan tomar medidas de mitigación del desastre.

Las zonas con mayor número de infraestructuras expuestas a peligros naturales son más vulnerables. La expresión matemática de la vulnerabilidad de las infraestructuras y equipamientos sería la siguiente:

$$VT_{In} = \frac{\sum_{p=1}^n ((Va_{In} \cdot Tp_p) \cdot Vi_{In\ p}) \cdot Vs}{n}$$

VT_{In} : Vulnerabilidad Infraestructuras, Va_{In} : Valor Infraestructuras, Tp : Territorio Peligro, Vi_{In} : Vulnerabilidad Intrínseca Infraestructuras, Vs : Vulnerabilidad social, p : tipo peligro

La unidades de VT_{In} pueden ser nº infraestructuras/equipamientos o valor económico.

La valoración económica de los equipamientos no es una tarea sencilla. Cada equipamiento posee un valor específico en función de un amplio conjunto de parámetros (material constructivo, antigüedad, superficie, estado conservación, año, país, etc). La tasación de las infraestructuras es una labor compleja de peritaje que no va ser objeto de este trabajo. En cualquier caso, a efectos de valoración territorial una aproximación a la valoración puede realizarse mediante la asignación de un valor promedio por unidad constructiva (m2, metro lineal, metro cúbico) o capacidad (número de plantas, número de aulas, nº camas –hospitales-, etc). El método que proponemos requiere la construcción de una tabla de valoración económica de infraestructuras.

Infraestructura/Equipamiento	Unidades	Valor económico (miles euros)
Carretera	Km lineal	3,000
Autopista	Km lineal	10,000
Ferrocarril	Km lineal	3000
Central eléctrica	Unidad Mega Watios	4000
Torre alta tensión	Unidad	20
Canal distribución agua	Metro lineal	3
.....		

Tabla 3.1. Valoración económica infraestructuras.

Este sistema de valoración lleva implícito un error cuya magnitud puede ser importante, por lo que sus resultados no tienen fiabilidad en sentido preciso, sin embargo para estudios de evaluación que abarcan territorios extensos son de gran utilidad ya que permiten comparar zonas y servir de base para la puesta en marcha de actuaciones de mitigación del riesgo.

La utilización de este tipo de métodos de valoración es común en estudios de valoración de daños postcatástrofe. Un ejemplo es el modelo HAZUS de evaluación de daños realizado por el FEMA(FEMA, 2003) que propone la utilización de tablas de valoración.

Flood Label	Earthquake Label	General Occupancy	Specific Occupancy	HAZUS Valuation ¹
HRD1	HRD1	Highway Roads	Major Roads (1km 4 lanes))	10,000
HRD2	HRD2	Highway Roads	Urban Roads (1 km 2 lanes)	5,000
HTU	HTU1, 2	Highway Tunnel	Highway Tunnel	20,000
HWBM	HWB1, 2	Highway Bridge	Major Bridge	20,000
HWBO	HWB3, 4, 28	Highway Bridge	Other Bridge (include all wood)	1,000
HWBCO	HWB5, 6, 7, 17, 18	Highway Bridge	Other Concrete Bridge	1,000
HWBCC	HWB8, 9, 10, 11, 20, 21, 22, 23	Highway Bridge	Continuous Concrete Bridge	5,000
HWBSO	HWB12, 13, 14, 24, 25	Highway Bridge	Other Steel Bridge	1,000
HWBSC	HWB15, 16, 26, 27	Highway Bridge	Continuous Steel Bridge	5,000

Flood Label	Earthquake Label	General Occupancy	Specific Occupancy	HAZUS Valuation ¹
ACTW	ACT7L, ACT7M, ACT7H	Airport Control Towers	Wood Airport Control Towers	5,000
ACTS	ACT2L, ACT3L, ACT2M, ACT3M, ACT2H, ACT3H	Airport Control Towers	Steel Airport Control Towers	5,000
ACTC	ACT1L, ACT5L, ACT1M, ACT5M, ACT1H, ACT5H	Airport Control Towers	Concrete Airport Control Towers	5,000
	ACT4L, ACT6L			

Flood Label	Earthquake Label	General Occupancy	Specific Occupancy	HAZUS Valuation ¹
PWPE	PWP1, PWP2	Pipelines	Exposed Transmission Pipeline Crossing	1
PWPB	PWP1, PWP2	Pipelines	Buried Transmission Pipeline Crossing	1
PWP	PWP1, PWP2	Pipelines	Pipelines (non-crossing)	1
PWSO	PWT1, PWT2	Water Treatment Plants	Small Water Treatment Plants Open/Gravity	30,000
PWMO	PWT3, PWT4	Water Treatment Plants	Medium Water Treatment Plants Open/Gravity	100,000
PWLO	PWT5, PWT6	Water Treatment Plants	Large Water Treatment Plants Open/Gravity	360,000
		Water Treatment		

¹ All dollar amounts are in thousands of dollars.

Tabla 3.2. Tablas de valoración económica de infraestructuras: red viaria, aeropuertos, depuradoras
Fuente: (FEMA, 2003)

Para cada una de las distintos tipos de infraestructuras se define un valor económico que servirá de base para la evaluación de daños. Para el análisis de la vulnerabilidad por exposición utilizaremos el mismo procedimiento que para evaluar el valor económico de las infraestructuras expuestas.

Otro ejemplo es recogido en el informe de Samuels (SAMUELS, 2005) sobre métodos de evaluación de daños por inundación.

	<i>Damage category</i>	<i>Unit</i>	<i>Average maximum damage amount per unit (€)</i>	<i>Associated Damage function (of Tab. 3.2)</i>	<i>Source (data file used in the standard method)</i>
Infrastructure	National trunk roads direct	m	1 450	4	National Wegen Bestand (NWB)
	National trunk roads indirect	m	650	4	NWB
	Motorways	m	980	4	NWB
	Other roads	m	270	4	NWB
	Railways direct	m	25 150	4	Nederlandse Spoorwegen (Spoor NS)
	Railways indirect	m	86	4	Spoor NS
	Railways i.b.	m	151	4	Spoor NS

Tabla 3.3.. Tablas de valoración económica de infraestructuras

Fuente: (SAMUELS, 2005)

La valoración de las algunas infraestructuras y equipamientos públicos viene recogida en Real Decreto Legislativo 1/2004, de 5 de marzo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Catastro Inmobiliario en el que se reconocen Bienes Inmuebles de características especiales en los que se incluyen las infraestructuras destinadas a la producción de energía eléctrica, gas, refinado del petróleo y centrales nucleares; las presas, embalses, las autopistas, carretera y túneles de peaje, los aeropuertos y puertos comerciales.

La propuesta metodológica que hacemos está abierta a la utilización de cualquier método de cálculo del valor económico de las infraestructuras que proporcione mayor precisión a los valores obtenidos.

3.4.3. Usos del territorio / Actividad económica

El territorio es el soporte de las actividades humanas. Dichas actividades dan lugar a diversos usos del territorio: forestales, agrícolas, ganaderos, industriales, comerciales, financieros, turísticos, residenciales, etc. Cada tipo de uso lleva implícito un modelo de ocupación territorial; bosques, cultivos, edificaciones, etc.

A EL, la actividad económica se suele representar como información asociada a unidades administrativas. Pe. hectáreas bosques, hectáreas de cultivos, nº hoteles, nº granjas, nº bancos, nº viviendas, etc.

A EP, la actividad económica se puede representar como el porcentaje de ocupación del suelo a distintos tipos de usos o indicando el número de elementos existentes por retícula (pe. m2 bosques, m2 cultivos, nº hoteles, nº bancos, nº supermercados, etc).

La expresión matemática de la vulnerabilidad de la actividad económica del territorio sería la siguiente:

$$VT_{AE} = \frac{\sum_{p=1}^n ((V_{a_{AE}} T_{p_p}) V_{i_{AE}}) V_s}{n}$$

V_{AE} : Vulnerabilidad Actividad Económica del Territorio, $V_{a_{AE}}$: Valor Actividad Económica , T_p : Territorio Peligro, $V_{i_{AE}}$: Vulnerabilidad Intrínseca Actividad Económica , V_s : Vulnerabilidad social, p : tipo peligro

La unidades de V_{AE} pueden ser n° actividades económicas, superficie de cada tipo de uso, valor económico del territorio.

La vulnerabilidad intrínseca de las actividades económicas hace referencia a la susceptibilidad específica de cada tipología de uso del suelo/ocupación a sufrir las consecuencias derivadas de un evento catastrófico y depende de diversos parámetros: resistencia de cada uso a los efectos del desastre (pe. inundación, incendio, deslizamiento, etc.), tipología edificatoria y material construcción, etc. La accesibilidad territorial es también un factor a considerar en la vulnerabilidad intrínseca de las actividades económicas. Mayor accesibilidad es sinónimo de menor vulnerabilidad intrínseca por capacidad de evacuación y posibilidad a que los servicios de emergencia puedan tomar medidas de mitigación del desastre.

Una zona que concentre actividades económicas o que posea un valor económico elevado será más sensible a los efectos de un desastre natural.

La valoración económica de las actividades que se desarrollan en el territorio es una tarea compleja que incluye la tasación de los bienes inmuebles sobre los que se desarrolla la actividad económica, así como la valoración de la propia actividad (n° empleados empresas, beneficios netos, etc.). La metodología propuesta propone una valoración económica del territorio en función del tipo de ocupación del suelo y sus características territoriales.

Tipo de ocupación suelo	Unidades	Valor económico
Agrícola Intensivo	Hectárea	?
Agrícola extensivo	Hectárea	?
Urbano residencial	Hectárea	?
Urbano comercial	Hectárea	?
Urbano industrial	Hectárea	?

Tabla 3.4. Valoración usos del suelo

Este tipo de modelo es utilizado en distintos métodos de evaluación de daños .(SAMUELS , 2005). El valor económico asignado a cada tipo de uso puede proceder de diversas fuentes: usos urbanos (catástros), usos agrícolas (censos agrarios), usos forestales (inventarios forestales), usos industriales, etc.

	<i>Damage category</i>	<i>Unit</i>	<i>Average maximum damage amount per unit (€)</i>	<i>Associated Damage function (of Tab. 3.2)</i>	<i>Source (data file used in the standard method)</i>
Land use	Agriculture direct	m ²	1.50	1	CBS land use
	Agriculture indirect	m ²	1.60	1	CBS land use
	Greenhouse horticulture direct	m ²	40.10	1	CBS land use
	Greenhouse horticulture indirect	m ²	4.00	1	CBS land use
	Urban area direct	m ²	48.60	1	CBS land use
	Intensive recreation direct	m ²	10.90	1	CBS land use
	Extensive recreation direct	m ²	8.90	1	CBS land use
	Airports direct	m ²	1 197	1	CBS land use
	Airports i.b.	m ²	36	1	CBS land use

Tabla 3.5. Tablas de valoración económica de los usos del suelo

Fuente: (SAMUELS, 2005)

En cualquier caso, el objetivo de la valoración no es tanto identificar costes económicos precisos sino diferenciar el modelo de distribución geográfica y valorar los bienes expuestos de forma global.

La propuesta metodológica que hacemos de evaluación de la vulnerabilidad está abierta a la utilización de cualquier método de cálculo del valor económico de la ocupación del suelo que proporcione mayor precisión a los valores obtenidos. Las zonas que concentran mayores valores económicos también son áreas potencialmente más vulnerables a los desastres naturales.

3.4.4. Medio Ambiente Natural

El medio ambiente juega un papel fundamental en el desarrollo de la actividad humana. Un medio natural degradado es sinónimo de baja calidad de vida. El modelo de desarrollo económico actual exige el mantenimiento de unos niveles aceptables de calidad ambiental. La biodiversidad, la calidad del paisaje, el valor de la vegetación o de la fauna, son valores importantes a preservar. La consideración del medioambiente como componente de la vulnerabilidad territorial tiene su explicación en el papel que juega como soporte de la actividad humana.

A EL, la representación de los factores medio ambientales se realizará mediante su asimilación de la información a unidades administrativas. Pe. m² espacios protegidos/municipio, nº especies endémicas, etc.

A nivel de EP, cada retícula representaría atributos medioambientales contenidos en la misma (pe. % protección, m² ecosistemas naturales, etc).

La expresión matemática de la vulnerabilidad sobre el medio ambiente sería la siguiente:

$$VT_{MA} = \frac{\sum_{p=1}^n ((V_{aMA} \cdot T_{p_p}) V_{iMA}) V_S}{n}$$

V_{MA} :Vulnerabilidad Medio Ambiental, V_{aAE} :Valor Medio Ambiental, T_p : Territorio Peligro, V_{MAi} : Vulnerabilidad Intrínseca Medio Ambiente , V_s : Vulnerabilidad social, p : tipo peligro

La vulnerabilidad intrínseca del medioambiente a los desastres naturales es función de un amplio conjunto de factores que dependen del tipo de desastre y de las características propias de cada uno de los factores medioambientales.

La valoración del medio ambiente es una tarea compleja, si cabe más aún que las infraestructuras y los usos del territorio ya que los métodos de valoración se basan más en una evaluación de valores intangibles que en una valoración directa.

Pearce (PEARCE, BARBIER, et al. ,1990) resume las funciones del medio ambiente en cuatro:

- Proveedor de recursos necesarios para iniciar la mayoría de los procesos de producción.
- Sumidero o vertedero de subproductos y residuos.
- Proporciona bienes naturales o ambientales altamente valorados por el hombre (agua, naturaleza, paisaje) que forman parte de nuestro bienestar.
- Actúa como un sistema integrado sirviendo de soporte para cualquier forma de vida.

En este trabajo vamos a hacer uso de los resultados publicados del trabajo de Brenner (BRENNER GUILLERMO, 2007) que realiza un estudio del valor de las coberturas del suelo en zonas litorales en función de los servicios que proporcionan sus ecosistemas a partir de un minucioso análisis bibliográfico obteniendo la tabla de valores que adjuntamos en la tabla 3.6.

Brenner distingue catorce tipos de servicios de los ecosistemas, y doce tipos de ocupaciones del suelo a los que asigna un valor económico por hectárea y año. Las funciones son las siguientes :

- Regulación climática
- Regulación de las perturbaciones
- Regulación hidrológica
- Suministro agua
- Control erosión
- Formación del suelo
- Ciclo de nutrientes
- Tratamiento de residuos
- Polinización
- Control Biológico
- Hábitat refugio
- Recursos genéricos
- Recreación / Recurso paisajístico
- Recurso cultural y espiritual

Ecosystem services (2004 USD/ha-yr)

Domain	Land Cover	Gas/Climate regulation	Disturbance regulation	Water regulation	Water supply	Erosion control	Soil formation	Nutrient cycling	Waste treatment	Pollination	Biological control	Habitat/refugia	Genetic resources	Aesthetic & recreation	Cultural & spiritual	Total per ha (USD/ha-yr)
Coastal & marine	Shelf (< 50 m)				1,287			1,787				49			86	3,210
	Seagrass bed							24,228								24,228
	Beach or dune		67,400											36,687	59	104,146
	Saltwater wetland		766						13,376					64	445	15,147
	Temperate forest	133			403	122	12		109	400	5	2,281	20	301	2	3,789
	Grassland	7		5		37	7		109	32	30	2,053		2		230
	Cropland									20	30			37		2,140
	Freshwater wetland	331	9,037	7,378	3,815				2,071			279		3,474	2,199	28,585
	Open freshwater				1,011									880		1,890
	Riparian buffer		217		4,747									3,385	10	8,359
Urban/barren/urban mining	Urban greenspace	830		15										5,266		6,111
	Totals	1,302	77,420	7,398	11,263	159	20	26,015	15,664	452	114	5,110	20	50,098	2,802	197,836

Notes: Rows and columns are in USD/ha-yr. Open cells indicate lack of available value data.

Tabla 3.6. Valoración Económica Medio Natural.
Fuente : (BRENNER GUILLERMO, 2007)

A partir de la construcción de una cartografía de ocupación del suelo con las categorías propuestas en la metodología de Brenner será posible el cálculo del valor económico de los ecosistemas.

La propuesta metodológica que hacemos de evaluación de la vulnerabilidad está abierta a la utilización de cualquier método de cálculo del valor económico del medio ambiente que proporcione mayor precisión.

Las zonas que aglutinan mayores valores ambientales son zonas que también concentran mayor sensibilidad a padecer posibles efectos nocivos a una catástrofe.

3.5. Vulnerabilidad Territorial Integrada

La agregación de vulnerabilidad a los desastres naturales para cada uno de los factores territoriales considerados, da lugar a una expresión más completa de la vulnerabilidad territorial Integrada (VTI):

$$VTI = \left(\sum_{ft=1}^m \left(\frac{\sum_{p=1}^n ((Va_{ft} \cdot Tp_p) \cdot Vi_{ft}) \cdot Vs}{n} \right) \right)$$

ft : factor territorial (población, infraestructuras/equipamientos, ocupación suelo, medio ambiente)

p: tipo de peligro (inundación, terremoto, deslizamiento, tsunamis, etc)

Va : Valor de los factores territoriales

Tp: Territorio en peligro

Vi : Vulnerabilidad Intrínseca

Vs : vulnerabilidad social

Para que dicha fórmula sea operativa es aconsejable que las unidades de valoración de todos los factores sea la misma, lo cual será posible si se utilizan unidades monetarias.

También pueden utilizarse unidades de valoración de tipo cuantitativo sin referencia a ninguna unidad (pe. valor población, valor infraestructuras, valor ocupación, valor medio ambiente) lo cual también permitiría su integración, y además, la posibilidad de incorporar un peso a cada una de las componentes:

$$VTI = \sum_{ft=1}^m w_{ft} \left(\frac{\sum_{p=1}^n ((V_{a_{ft}} T_{p_{ft}}) V_{i_{ft}} V_s)}{n} \right)$$

w: peso del factor territorial

ft : factor territorial (población, infraestructuras/equipamientos, ocupación suelo, medio ambiente)

p: tipo de peligro (inundación, terremoto, deslizamiento, tsunami, etc)

Va : Valor de los factores territoriales

Tp: Territorio en peligro

Vi : Vulnerabilidad Intrínseca

Vs : vulnerabilidad social

En ocasiones ,será difícil disponer de la totalidad de la información necesaria para la valoración de cada uno de los factores territoriales considerados o bien la calidad de la información no será suficiente, así se podrán obtener mapas parciales de vulnerabilidad integrada que combinen distintos parámetros (población/infraestructuras, infraestructuras/usos, usos/medio ambiente, etc).

Cada unidad territorial dispondrá de un valor de vulnerabilidad a cada uno de los factores considerados (vulnerabilidad población, vulnerabilidad infraestructuras, vulnerabilidad usos, vulnerabilidad medioambiental) así como un valor de vulnerabilidad integrada. El análisis comparado entre las distintas vulnerabilidades para cada unidad permitirá establecer el nivel de sensibilidad territorial por exposición de cada unidad. De esa forma se podrá identificar el grado de vulnerabilidad desde el punto de vista cualitativo (tipo de factor) y cuantitativo (nivel de vulnerabilidad).

3.6. Tratamiento de la incertidumbre

Las expresiones que hemos utilizado para representar la vulnerabilidad territorial sugieren que los factores por los que está formada adquieren un valor numérico concreto en cada valoración (Valor del Territorio, Territorio en peligro, Vulnerabilidad intrínseca, Vulnerabilidad Social). Sin embargo, en la práctica, se evidencia que el proceso de cálculo lleva implícita cierta incertidumbre por diversos motivos:

- El valor de los elementos territoriales no se conoce con precisión y puede oscilar de un valor máximo a un valor mínimo. Pe. valor de una hectárea de un determinado cultivo, valor del metro lineal de una carretera, etc.
- El número de factores que interviene en la valoración de la vulnerabilidad intrínseca, así como la importancia de cada uno de ellos es indeterminada.
- La vulnerabilidad social depende de factores diversos cuya importancia puede ser variada.

Para representar dicha incertidumbre proponemos el uso de distribuciones de probabilidad para representar el grado de incertidumbre de las variables consideradas.

Incertidumbre en el Valor Territorial

La Exposición Territorial, como vimos se construía a partir del Valor Territorial y el Territorio en Peligro.

$$ETr = Vat \cdot Tp$$

Si consideramos que el Valor Territorial (Vat) es una variable continua podemos hacer uso de una función de probabilidad para su representación. Dicha función de probabilidad podría ser de distintos tipos :

Distribución normal, representada mediante una media y una desviación típica. Diremos que la variable aleatoria **Vat** con función densidad de probabilidad dada por

$$f(Vat) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left[-\frac{(Vat - \mu)^2}{2\sigma^2}\right]}$$

tiene distribución normal con parámetros μ (media) y σ (desviación típica). El valor μ determina el centro de la función mientras que σ determina la dispersión. La apariencia gráfica de la distribución normal es una curva simétrica, con respecto al valor μ , con forma de campana, que se extiende sin límite tanto en la dirección positiva como en la negativa como se muestra en la figura dada a continuación:

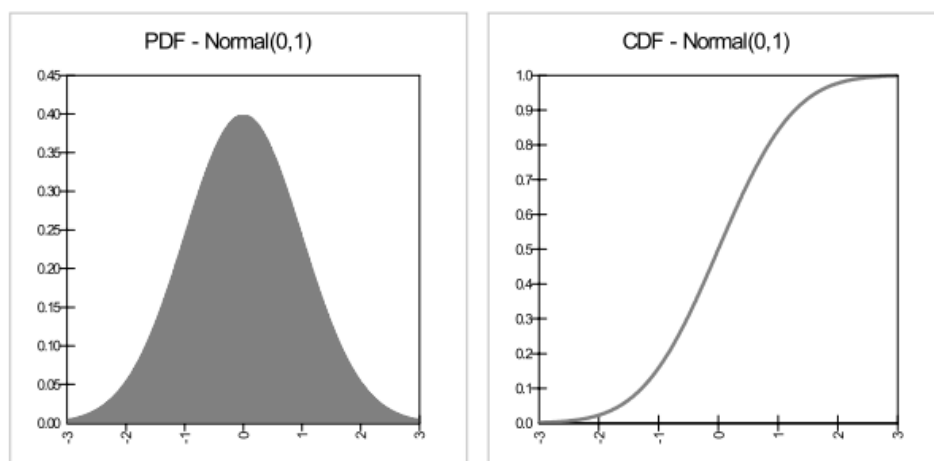


Figura 3.1. Gáfico distribución estadística normal.
Fuente: (Manual @Risk . <http://www.palisade.com/> [Consulta 10.08.2008])

De esa forma, podremos expresar la exposición como :

$$ETr = \left(\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left[-\frac{(Vat - \mu)^2}{2\sigma^2} \right]} \right) Tp$$

El valor económico del territorio quedaría expresado no por un valor absoluto sino por una función de probabilidad que permitiría expresar la variabilidad de este valor entorno a un valor medio y una desviación típica.

Sin embargo, una de las principales condiciones de las funciones normales es que el valor de su media oscile entre $-\infty < \mu < +\infty$ y $\sigma > 0$. Una solución a este problema podría ser acotar la función en sus extremos.

Distribución Beta. Tiene una forma muy similar a la distribución Normal (campaniforme), pero tiene la particularidad de que la curva está acotada en el eje 0X entre un límite superior y un límite inferior. Si se conocen los límites inferior y superior y también la moda es posible ajustar la distribución. A partir de dichos valores (máximo, mínimo, moda) será posible el cálculo de dos componentes

$$F(Vat) = \frac{(Vat - \min)^{p-1} (\max - Vat)^{q-1}}{B(p, q) (\max - \min)^{p+q-1}}$$

$$\min \leq x \leq \max ; p, q > 0$$

$$B(p, q)$$

$$\text{Moda} = \frac{\min q + \max p}{p + q}$$

Se parte de la hipótesis de que p y q es igual a 2.

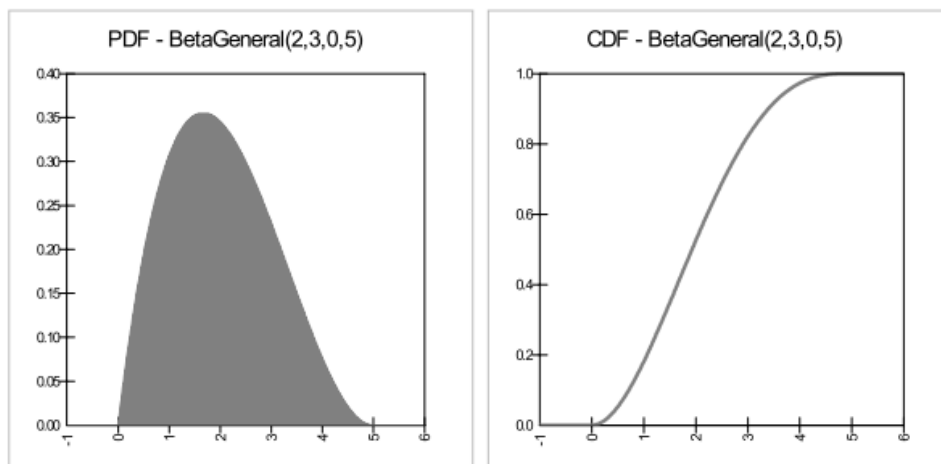
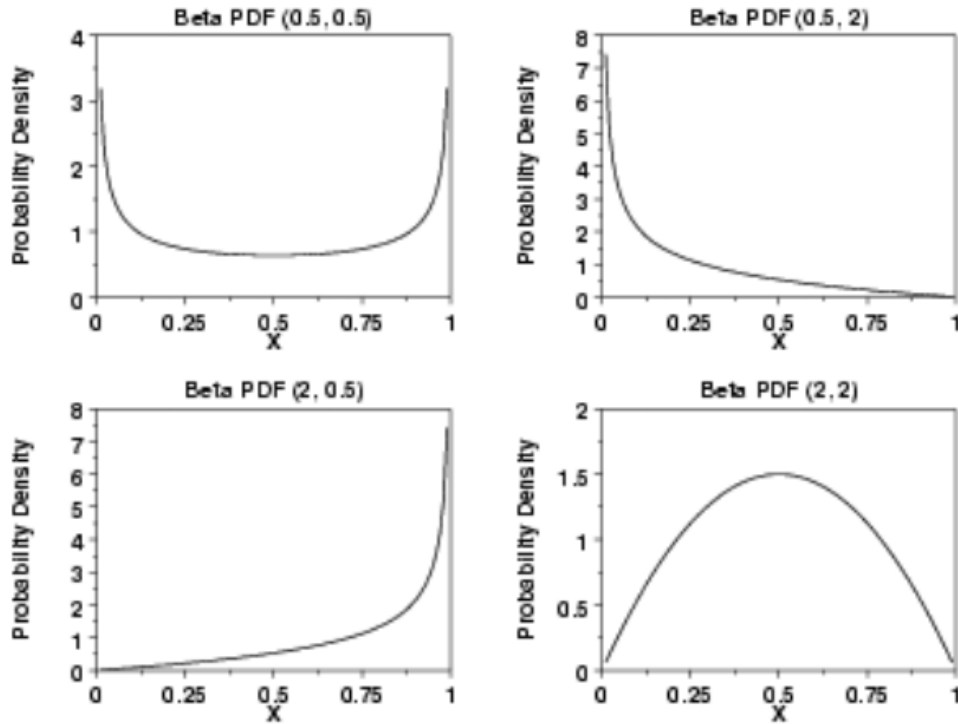


Figura 3.2. Gráfico distribución estadística beta
Fuente: (Manual @Risk . <http://www.palisade.com/> [Consulta 10.08.2008])



Fuente: (Manual @Risk . <http://www.palisade.com/> [Consulta 10.08.2008])

En este caso la expresión de la exposición sería la siguiente :

$$ETr = \left(\frac{(Vat - \min)^{p-1} (\max - Vat)^{q-1}}{B(p, q)(\max - \min)^{p+q-1}} \right) Tp$$

Distribución Triangular

La distribución triangular es más sencilla ya que sólo necesita contar con expectativas acerca de tres valores: el mínimo posible, el máximo posible y el más probable.

$f(x) = \frac{2(x - \min)}{(m.\text{likely} - \min)(\max - \min)}$	$\min \leq x \leq m.\text{likely}$
$f(x) = \frac{2(\max - x)}{(\max - m.\text{likely})(\max - \min)}$	$m.\text{likely} \leq x \leq \max$

min	continuous boundary parameter	$\min < \max$
m.likely	continuous mode parameter	$\min \leq m.\text{likely} \leq \max$
max	continuous boundary parameter	

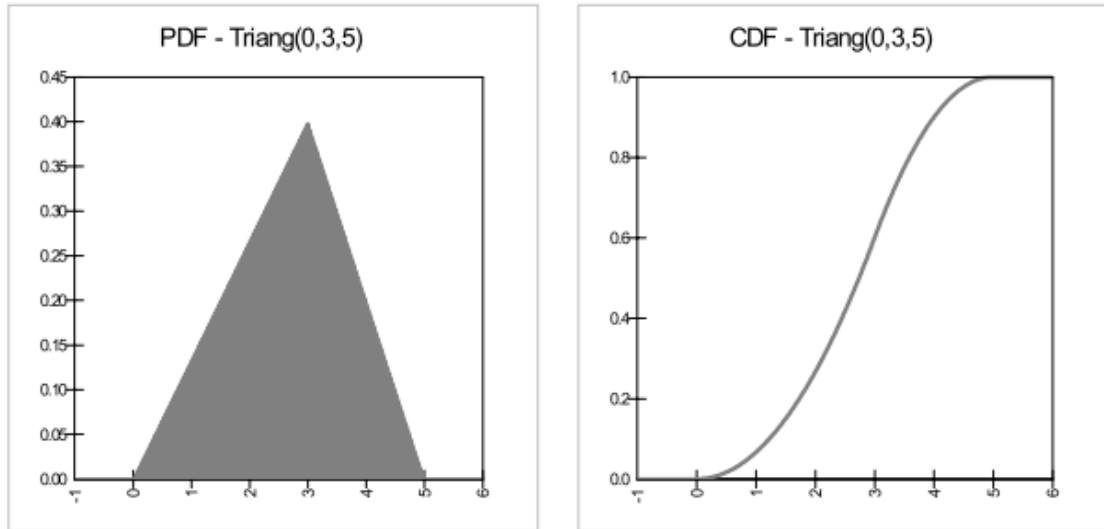


Figura 3.3. Gráfico distribución estadística triangular
Fuente: (Manual @Risk . <http://www.palisade.com/> [Consulta 10.08.2008])

$$ETr = \text{Triang}(\text{min}, \text{moda}, \text{máxim}) * Tp$$

Incertidumbre en la Vulnerabilidad Intrínseca y la Vulnerabilidad Social

Entendemos la vulnerabilidad social como una variable multifactorial en la cual la importancia de cada factor es variable:

$$VS = w1 v1 + w2 v2 + \dots + wm vm$$

m es el número de factores

w1... wm. es el peso de los factores

v1... vm unidades de vulnerabilidad ambiental asignadas a cada factor

$$w1+w2+\dots+wn = 1$$

$$Vs \geq 0$$

El peso de las variables no es constante y podría ajustarse a una función de densidad de las vistas anteriormente.

$$Vs = f(w1) v1 + f(w2) v2 + \dots + f(wm) vm$$

Asimismo, el valor de las variables v1, v2... vm se expresa en unidades de vulnerabilidad social.

Vulnerabilidad Territorial Integrada (VTI)

Tras la consideración de la incertidumbre en el proceso de valoración de la Vulnerabilidad Territorial total se podría expresar del siguiente modo:

$$VTI = [(f(x)) \cdot Tp] \cdot (f'(x)) \cdot (f''(x))$$

(Valor Territorial) (Vulnerabilidad Intrínseca) (Vulnerabilidad Social)

$F(x)$, $f'(x)$, $f''(x)$ son funciones de densidad

Simulación

La utilización de las funciones de densidad para expresar los factores de la vulnerabilidad es prueba de que existe una gran incertidumbre en su evaluación.

Si se utilizase el valor de la media en cada función de distribución considerada, cada unidad territorial (sea una unidad administrativa EL o una unidad territorial homogénea (retícula) EP) adquiriría un valor de vulnerabilidad determinado. Sin embargo, ello no expresaría la incertidumbre real que existe en el proceso de valoración. Por ello, se ha creído adecuado implementar un modelo de simulación en el que se realiza la evaluación de la vulnerabilidad territorial de forma iterativa, a partir de la generación de valores aleatorios incluidos dentro del dominio de las funciones de densidad propuestas. De esa forma, se genera un modelo de distribución de valores de vulnerabilidad territorial que da lugar a una función de densidad específica para cada unidad territorial considerada.

$$VTt = [(f(x)) \cdot Tp] \cdot (f'(x)) \cdot (f''(x))$$

$$FtT = f''''(x)$$

El proceso utilizado para aproximar soluciones a un modelo mediante la aplicación aleatoria y repetitiva del algoritmo se conoce como análisis MonteCarlo o simulación. Se trata de un método que utiliza técnicas estadísticas de muestreo para obtener una aproximación probabilística de la solución de una ecuación matemática. El sistema consiste en la generación de valores de forma aleatoria con una función de probabilidad dada. El método de muestreo aleatorio simple habitual es el *Montecarlo*, pero también existen otros como el método *Latin Hypercube*, que utiliza un esquema estratificado de muestreo diseñado para asegurar la correcta representación de los extremos inferior y superior de una distribución.

Las simulaciones facilitarán el cálculo a partir de distribuciones de probabilidad de los factores de la vulnerabilidad territorial

3.7. Cálculo de la Exposición Territorial

La exposición territorial requiere la evaluación de dos componentes: el valor territorial y el territorio expuesto al peligro.

3.7.1. Valor territorial (Vte)

Valoración económica

Se debe disponer de información territorial a nivel de unidad administrativa/retícula relativa a valor población, el valor de las infraestructuras, el valor la ocupación del suelo y el valor del medio ambiente según los criterios señalados anteriormente.

$$\text{Valor Territorial (Vte)} = \text{Valor Población} + \text{Valor Infraestructuras} + \text{Valor Ocupación} + \text{Valor Medio Ambiente}$$

La valoración de cada uno de dichos factores a su vez proviene de su desagregación en una serie de subfactores.

Pe. Valor Infraestructuras = (Valor metro lineal carretera) (metros lineales carreteras) + (Valor metro lineales autopista) (metros lineales autopista) + Valor farola (nº farolas) +

Se realiza la hipótesis de que los valores de los factores y subfactores analizados siguen un modelo de distribución estadística triangular (a modo de ejemplo, ya que podría utilizarse otra función como la beta o la normal acotada) de forma que para definir cada distribución será necesario conocer información del valor máximo, mínimo y el valor más probable (moda).

$$\text{Valor Territorial (infraestructuras)} = \text{Triang} [\text{Autopista} (\max_i, \text{moda}_i, \min_i)] + \text{Triang} [\text{Carreteras} (\max_i, \text{moda}_i, \min_i)] + \text{Triang} [\text{farikas} (\max_i, \text{moda}_i, \min_i)] + \text{Triang} [\text{Depuradora} (\max_i, \text{moda}_i, \min_i)] + \dots$$

$$\text{Valor Territorial (Va)} = \text{Triang} [\text{POB}(\max_i, \text{moda}_i, \min_i)] + \text{Triang} [\text{IN}(\max_i, \text{moda}_i, \min_i)] + \text{Triang} [\text{AE}(\max_i, \text{moda}_i, \min_i)] + \text{Triang} [\text{MA}(\max_i, \text{moda}_i, \min_i)]$$

Si alguno de los valores se conoce con certeza se utilizará dicho valor en lugar de la función de distribución, si no se conoce alguno de los parámetros no se considera.

Se realiza un proceso de simulación matemática para obtener un modelo de distribución del Valor Territorial (Va) que de lugar a una nueva distribución de probabilidad, incluyendo un valor mínimo posible, un valor más probable (moda) y un valor máximo posible.

Valoración cuantitativa

El valor territorial se expresa en unidades de tipo cuantitativas normalizadas. Pe. expresarse el valor territorial en una escala ordinal para cada retícula. El valor máximo lo obtendría la retícula con máxima valoración.

Algunos autores como ERCOLE (D'ERCOLE & METZGER, 2004) optan por asignar a cada retícula un valor numérico que representa el número máximo de equipamientos existentes.

Sensibilidad territorial

A partir del valor territorial desagregado en sus componentes (población, infraestructuras, ocupación del suelo y medio ambiente) se obtiene información acerca del tipo de sensibilidad de cada zona frente a un desastre en relación al factor que posee mayor valoración.

Se propone la creación de un índice de sensibilidad territorial que asigna un valor de tipo cualitativo en función de la configuración territorial de los elementos del territorio. Dicho índice, al que hemos llamado IST (índice de sensibilidad territorial) proporciona información de forma rápida de la dominancia de cada uno de dichos componentes en el territorio. Un índice bajo indica un nivel bajo de influencia humana, elevados valores ecológicos, escasa infraestructura y población. Valores medios indican mayor influencia humana, mayores infraestructuras y menor peso del medio natural. Valores elevados suponen elevada población, elevada infraestructura y escasos valores naturales.

El índice es útil para estimar de forma rápida los efectos potenciales de un desastre en una localización.

3.7.2. Territorio en peligro (Tp)

La valoración del territorio en peligro se realiza a partir de las cartografías de peligros territoriales existentes. No se valora el nivel del peligro, sino que se identifica la exposición de la unidad territorial. Cada unidad territorial podrá tener potencialmente una superficie expuesta a cada de peligro.

Deberá hallarse el % de exposición a cada peligro para cada una de las unidades territoriales consideradas (pe. municipio X, 54 % peligro 1, 45 % peligro 2, 35 % peligro 3). A su vez en cada unidad se podrán dar distintos tipos de combinaciones entre peligros (pe. municipio X, 14 % peligro 1 y 2, 22 % peligro 1 y 3).

El número total de combinaciones de peligros que puede manifestar cada unidad se representa mediante la siguiente expresión :

$$\sum_{p=1..n} Cn, p$$

p: peligro
n: nº total peligros

La exposición máxima sería una exposición del 100% a todos los peligros considerados.

De esta forma se generan dos índices:

- El índice cualitativo de exposición a peligros naturales (ICEP) asigna un valor numérico a cada unidad que expresa el número de peligros que se dan en su interior.
- El índice cuantitativo de exposición a peligros naturales (IEP) asigna un valor promediado de la superficie expuesta a los diferentes peligros.

$$\left(\sum \text{Superficie expuesta} \left(\sum_{p=1..n} Cn, p \right) / \text{Superficie Total} \right) * n$$

Un valor elevado de ICEP representa que la unidad territorial es afectada por un elevado número de peligros. Un valor elevado IEP representa un elevado % de superficie de la unidad afectado por los distintos peligros.

3.7.3. Exposición Territorial

La exposición territorial se obtendrá al cruzar el valor territorial con el territorio en peligro. El resultado dará lugar al valor territorial expuesto.

$$\text{Exposición Territorial} = Vte \times Tp$$

La superposición realizada sobre cada uno de los elementos del territorio de forma separada dará lugar a: exposición población, exposición de la infraestructura, exposición ocupación suelo, exposición medioambiental.

Si la exposición se realiza sobre el índice de sensibilidad territorial dará lugar a la sensibilidad territorial expuesta, la cual será un indicador del perfil territorial

3.7.4. Cálculo de la Vulnerabilidad Territorial Intrínseca

El análisis de la vulnerabilidad intrínseca de los factores territoriales (población, infraestructuras, ocupación del suelo, medio ambiente) a los peligros naturales es una tarea que excede los límites del presente trabajo. Son muchas las referencias existentes en cuanto a funciones de daño en relación a tipologías y severidad de eventos catastróficos para distintos elementos territoriales como construcciones frente a terremotos, cultivos frente a inundaciones, etc. Esta tesis centra el análisis de la vulnerabilidad intrínseca en su componente territorial independientemente del tipo de peligro y de los elementos geográficos considerados. En este sentido se considera la vulnerabilidad intrínseca como una variable multifactorial en la que pueden intervenir distintos factores. En nuestro caso vamos a considerar dos factores: la accesibilidad territorial y la visibilidad territorial.

Accesibilidad territorial

La accesibilidad territorial juega un papel clave en la vulnerabilidad del territorio frente a los desastres naturales. Un territorio accesible es menos vulnerable que un territorio aislado. La accesibilidad proporciona facilidades a la población para su evacuación en caso de desastre, posibilita el acceso de los servicios de emergencia al territorio para dar respuesta al desastre o posibilita el desarrollo de actuaciones de mitigación.

Consideramos que la accesibilidad es un factor de vulnerabilidad intrínseca territorial cuya incidencia es aplicable al total de elementos territoriales: población, infraestructuras, ocupación del suelo, medio ambiente.

Se propone un análisis de accesibilidad territorial haciendo uso de un Sistema de Información Geográfica a diversos niveles:

- Análisis de accesibilidad basada en la modelización de la red de carreteras del territorio objeto de estudio.
A partir de la construcción de un grafo de las carreteras se desarrolla un proceso de evaluación de accesibilidad entre los nodos de la red. Se calcula una matriz de tiempos/distancias mínimas entre sus nodos más representativos con objeto de identificar índices de accesibilidad territorial para cada uno. Los nodos más accesibles corresponderán a las zonas de menor vulnerabilidad.
- Análisis de accesibilidad basado en el cálculo de distancias euclidianas. Mediante el uso de técnicas de geoprocso se realiza el cálculo de la proximidad del territorio a carreteras principales, zonas urbanas, servicios de emergencia, etc. Para el análisis de accesibilidad de zonas rurales/naturales se podrían incluir las pendientes como superficie de fricción representando la dificultad de acceso.
- Grado fragmentación territorial / Densidad Carreteras. Otra medida de la vulnerabilidad podría venir de la evaluación del grado de fragmentación territorial derivado de la red viaria. Un territorio más fragmentado es en general un territorio más accesible

Como resultado del análisis se obtendrá un valor de accesibilidad territorial para las unidades administrativas y para las unidades regulares (retículas). Dicho valor será normalizado a una escala 0/1 representando el nivel de vulnerabilidad debido a este concepto.

Visibilidad Territorial

La visibilidad del territorio es un factor relacionado con su vulnerabilidad frente a desastres naturales. Se considera que un territorio más visible es menos vulnerable que un territorio sin acceso visual. La visibilidad del territorio alerta a la población y a los medios de emergencia a mitigar los efectos de los desastres.

El cálculo de la visibilidad se realiza mediante técnicas de análisis espacial SIG de forma que es posible la caracterización territorial de las unidades territoriales consideradas. Cada unidad territorial adquirirá un valor porcentual de visibilidad en función del grado de visibilidad que posea.

Tal y como vimos anteriormente el valor final de la vulnerabilidad intrínseca es de tipo porcentual (tanto por 1) de forma que una mínima vulnerabilidad (0) podría conducir a la reducción absoluta de la vulnerabilidad total. En nuestro caso por el escaso número de variables que se tienen en cuenta y la no consideración de factores estructurales pensamos que resulta aconsejable ajustar el peso de la vulnerabilidad intrínseca en la fórmula general de vulnerabilidad. Por ello, se considera que los valores de vulnerabilidad intrínseca partirán de un valor de 0,8.

3.8. Cálculo de la Vulnerabilidad Social

Se propone un método de evaluación de la vulnerabilidad social basado en el desarrollo de un modelo multicriterio en un entorno colaborativo que participe un equipo multidisciplinar. Cada unidad territorial adquirirá un valor de vulnerabilidad social en base a su configuración socioeconómica. El proceso consta de las siguientes fases:

1. En base a las referencias existentes y la información disponible, identificación de los factores que intervienen en la evaluación de la vulnerabilidad social y de sus indicadores.

$$Vi = Factor\ 1 + Factor\ 2 + + Factor\ n$$

$$Factor\ 1 = Valor\ Indicador\ 1.1. + + Valo\ indicador\ m$$

2. Asignación de un peso representativo de cada factor y a cada indicador.
Realización una encuesta a un panel de expertos para que propongan un peso numérico a cada uno de los factores propuestos en una escala 1/10 que represente de la importancia de dicho parámetro en la vulnerabilidad social. El

panel estará formado por un grupo multidisciplinar de especialistas de diversas materias relacionadas con la vulnerabilidad frente a desastres naturales.

$$Vi = \text{Peso Factor } 1 \times \text{Factor } 1 + \text{Peso } 2 \text{ Factor } 2 + \dots + \text{Peso } n \text{ Factor } n$$

$$\text{Factor } 1 = \text{Peso Indicador } 1.1. \text{ Valor Indicador } 1.1. + \dots + \text{Peso Indicador } 1.m \text{ Valor } m$$

Se realizará el ajuste a una función de distribución estadística de las valoraciones realizadas a cada parámetro. De esa forma, el peso de cada parámetro se expresará en forma de función de densidad representando su grado de incertidumbre.

$$VS = f(1) \text{ Factor } 1 \times f(2) \text{ Factor } 2 + \dots + f(n) \text{ Factor } n$$

$$\text{Factor } 1 = f(1.1.) \text{ Valor Indicador } 1.1. + \dots + f(1.m) \text{ Valor Indicador } 1.m$$

3. Construcción de funciones de transformación de los indicadores en unidades de vulnerabilidad intrínseca.

A partir de los indicadores seleccionados propuesta de funciones de transformación de los indicadores en unidades de vulnerabilidad con objeto de poder realizar valoraciones integradas.

$$\begin{array}{ccc} \text{Valor Indicador} & \text{----} > \text{Función Transformación} & \text{-----} > \text{Valor Indicador} \\ (\text{Unidades Reales}) & & (\text{Unidades vulnerabilidad social}) \end{array}$$

4. Cálculo de la vulnerabilidad social.
Valoración de los indicadores propuestos para las unidades territoriales consideradas.

Generación de un modelo de simulación para cada unidad territorial con objeto de valorar el rango de variabilidad de la vulnerabilidad intrínseca de la población.

Como resultado se obtendrá un valor de vulnerabilidad social para cada unidad territorial. Es aconsejable que dicha unidad sea la municipal, ya que es la que dispone de mayor información.

3.9. Cálculo de la Vulnerabilidad territorial Integrada.

A partir del cálculo de la exposición territorial (Apartado 7.1.3.), vulnerabilidad intrínseca territorial (Apartado 7.1.4.) y vulnerabilidad social (Apartado 7.1.5) será posible la obtención de la vulnerabilidad territorial integrada según la siguiente expresión:

$$VTI = \left(\sum_{ft=1}^m \left(\frac{\sum_{p=1}^n (Va_{ft} Tp_p) Vi_{ft} Vs}{n} \right) \right)$$

ft : factor territorial (población, infraestructuras/equipamientos, ocupación suelo, medio ambiente)

p: tipo de peligro (inundación, terremoto, deslizamiento, tsunami, etc)

Va : Valor de los factores territoriales

Tp: Territorio en peligro

Vi : Vulnerabilidad Intrínseca

Vs : vulnerabilidad social

La aplicación de dicha fórmula dará lugar a la obtención de la vulnerabilidad de la población, de las infraestructuras y equipamientos, de la ocupación del suelo y del medio ambiente. A efectos de realizar la integración de valores será preciso reflejar el valor territorial en unidades comunes. A este respecto la opción más adecuada es utilizar el valor económico, sin embargo no siempre será posible dicha conversión por lo que podría normalizarse los valores de vulnerabilidad para cada factor en una escala 1/100.

El resultado dará lugar a valores de vulnerabilidad por unidad administrativa y unidad homogénea (píxel) lo cual facilitará su cartografía y el análisis de su distribución geográfica.

La cartografía de la vulnerabilidad constituye un instrumento básico de planificación y gestión de riesgos territoriales. ya que entre otras ventajas facilita la localización de aquellos lugares que presentan mayor susceptibilidad a los efectos negativos de la catástrofe así como orientan sobre sus efectos potenciales.

3.10. Limitaciones del modelo

La metodología de análisis de vulnerabilidad territorial propone tres componentes de la vulnerabilidad territorial: la exposición al peligro, la vulnerabilidad intrínseca y la vulnerabilidad social. Cada una de dichas componentes es propiamente una variable multifactorial lo cual supone una complejidad elevada.

El espacio geográfico se ha simplificado en cuatro componentes (población, infraestructuras, ocupación del suelo y medio ambiente) lo cual supone una importante simplificación de la realidad territorial, ello puede conducir a la obtención de resultados poco realistas en algunos casos.

La valoración económica de los factores territoriales es difícil y no siempre es posible realizarla por lo que en ocasiones no es posible trabajar con unidades económicas, hecho que reduce la calidad del modelo.

La vulnerabilidad intrínseca no es considerada de forma completa, en primer lugar, por no considerar elementos de vulnerabilidad estructural de los factores y en segundo término, por

considerar un reducido número de factores territoriales de vulnerabilidad intrínseca (accesibilidad, visibilidad).

La unidad geográfica de análisis de la vulnerabilidad social es la unidad administrativa (normalmente el municipio) y no puede llegar a niveles más precisos de resolución. Además las variables consideradas están condicionadas por su propia disponibilidad.

4. Ensayo metodológico: Vulnerabilidad Territorial Integrada de Mallorca frente a los principales peligros naturales

4.1. Metodología.

La metodología utilizada para la obtención de la Vulnerabilidad Territorial Integrada de Mallorca se describe con detalle en cada uno de los apartados del presente capítulo. A modo de síntesis podemos decir que se ha desarrollado en las siguientes fases:

Cálculo del territorio expuesto

En primer lugar se ha procedido al cálculo de la exposición territorial a los peligros naturales de las unidades geográficas establecidas de 1x1 Km, 5x5 Km. y términos municipales. Para ello se obtiene el porcentaje de superficie expuesta de cada unidad territorial para cada peligro natural en relación con la superficie total de la retícula. (Figura 4.1).

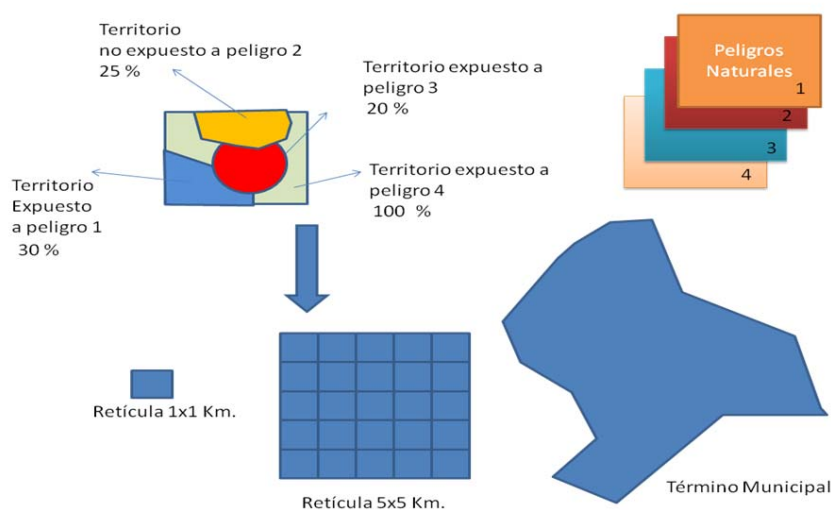


Figura 4.1. Proceso de obtención del valor de territorio expuesto de las unidades geográficas

Cada unidad geográfica obtiene un valor porcentual de la superficie que tiene expuesta a cada peligro natural. No se identifica un nivel cuantitativo de peligro, sino que se registra si existe o no afectación por parte de un peligro natural en su superficie. No se trata de un proceso de conversión vectorial (mapa de peligros) – raster (mapa de territorio expuesto) sino una superposición cartográfica vectorial seguido por un proceso sumatorio.

Con objeto de obtener un valor final integrado de territorio expuesto se procede obteniendo un promedio del valor sumatorio de porcentajes de territorio expuesto. (Figura 4.2.)

La precisión de la información va reduciéndose a medida que se incrementa el tamaño de la unidad geográfica, pero en cualquier caso el objetivo inicial es establecer un modelo de tendencias que ayude al establecimiento de políticas y medidas en la reducción de la vulnerabilidad más que a la concreción específica de elementos expuestos.

Para el ensayo del modelo se han considerado cuatro peligros naturales: el peligro de inundación, deslizamiento, incendio forestal y peligro sísmico. Cada unidad territorial obtiene un valor porcentual de la exposición a cada uno de dichos peligros.

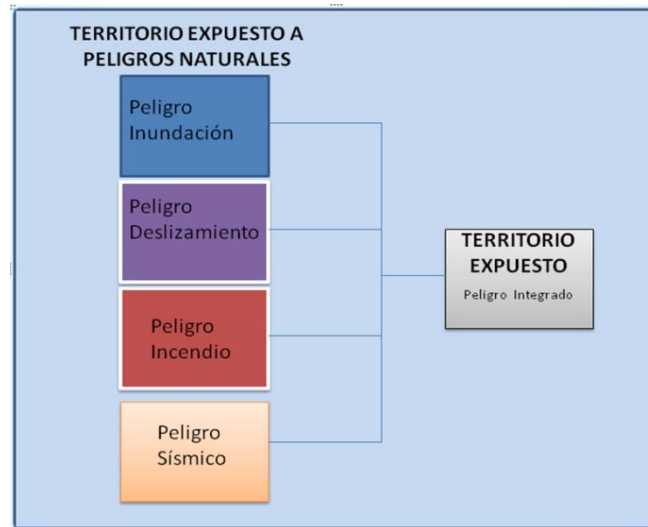


Figura 4.2. Cálculo Territorio Expuesto

Cálculo del valor territorial

El siguiente paso a realizar es el cálculo del valor económico de cada una de las unidades territoriales establecidas. Para ello se han seleccionado cinco factores territoriales sobre los que se han desarrollado metodologías para la evaluación del valor económico (Figura 4.3.). A partir del valor de cada retícula para cada uno de los factores territoriales se suman todos ellos y se obtiene el valor territorial integrado.



Figura 4.3. Cálculo del valor territorial integrado

Cálculo de la Exposición Territorial a los Peligros Naturales

A partir del valor económico de las unidades geográficas y el porcentaje de territorio expuesto se obtiene un valor económico que representa el grado de exposición territorial a los peligros naturales. Obviamente se trata de un valor aproximado, pero orienta acerca del grado de peligro al que se encuentra sometido cada emplazamiento en relación con su valor territorial.

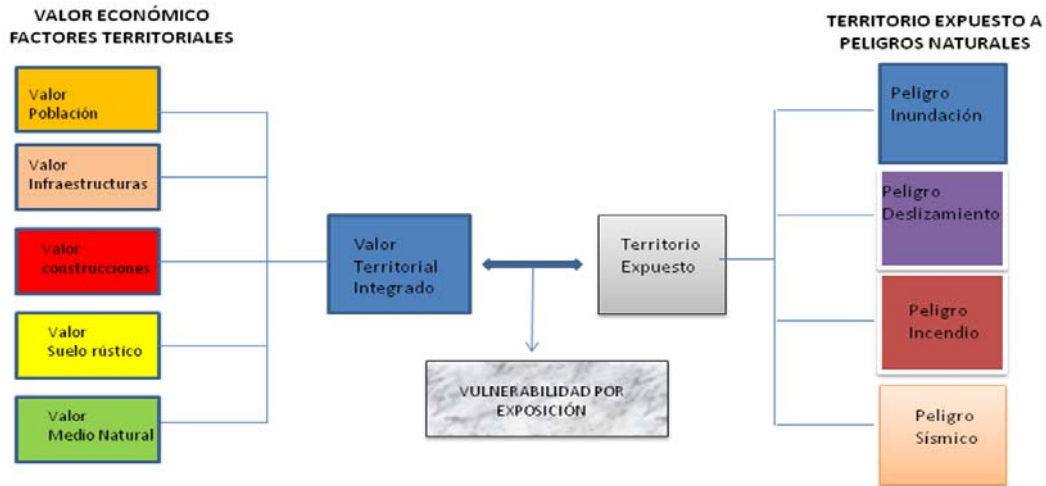


Figura 4.4. Factores implicados en el cálculo de la vulnerabilidad por exposición

Cálculo de la Vulnerabilidad Territorial Intrínseca

En este trabajo no vamos a considerar la vulnerabilidad intrínseca porque su obtención excede los límites de la investigación planteada.

Cálculo de la Vulnerabilidad Social

La vulnerabilidad social se ha obtenido a partir de un proceso de integración de variables de tipo socioeconómico a nivel municipal, ya que no es posible la obtención de resultados para las unidades geográficas de menor tamaño. El proceso se ha iniciado seleccionando las variables a partir de su importancia y en base a su disponibilidad, posteriormente se ha procedido a su normalización con objeto de poder ser integradas. Para evaluar su importancia se ha implementado un modelo multicriterio en base a un proceso de asignación de pesos a las distintas variables por parte de un colectivo de expertos. Finalmente se han integrado los resultados proporcionando un valor de vulnerabilidad social para cada municipio de Mallorca (Figura 4.5).

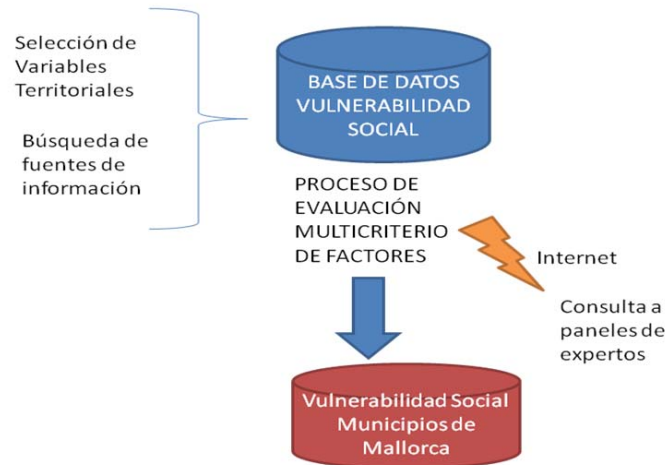


Figura 4.5. Cálculo de la vulnerabilidad social

Cálculo de la vulnerabilidad Territorial Integrada

Obtendremos la Vulnerabilidad Territorial Integrada por incorporación de la Vulnerabilidad por Exposición la Vulnerabilidad Intrínseca y la Vulnerabilidad Social. El sistema de integración consistirá en el producto de la Vulnerabilidad por Exposición, que se expresa en unidades económicas (euros) por la Vulnerabilidad Social, expresada en porcentaje.

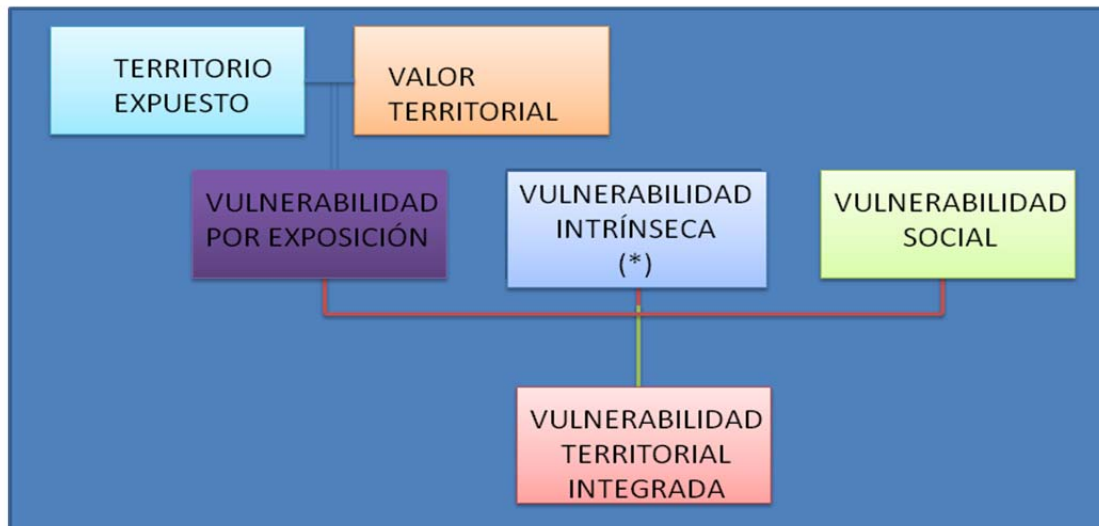


Figura 4.6. Vulnerabilidad Territorial Integrada.
(*) La vulnerabilidad intrínseca no será considerada en este estudio

En cada uno de los diferentes capítulos de este apartado se realiza una descripción detallada de los procedimientos metodológicos desarrollados.

Instrumentos tecnológicos utilizados

La puesta en marcha del modelo de vulnerabilidad propuesto se ha realizado a partir de la utilización de diversos programas informáticos:

- Sistema de información geográfica. El SIG se ha utilizado para las siguientes tareas:
 - o Creación de una base de datos territorial de la isla de Mallorca que incorpora cartografía sobre los peligros territoriales y las capas de información temática básica para la obtención del valor territorial.
 - o Análisis espacial de la información: superposición de capas, generación de áreas de influencia, etc.
 - o Generación de la cartografía.

El programa aplicado ha sido el ArcMap vers. 9.3. ESRI ©.(<http://www.esri.com/> [consultado 12.08.2009])

- Hoja de cálculo. Se ha empleado para la explotación de la información geográfica básica y la generación de gráficos. El programa utilizado ha sido el Microsoft Excel vers. 2007.
- Sistema de simulación. Su ha hecho uso del programa @ Risk Pallisade © (<http://www.palisade.com/> [consultado 12.08.2009]) para el desarrollo de los modelos de simulación de vulnerabilidad. Su uso se realiza desde la hoja de cálculo Excel. Para el desarrollo de los modelos se ha utilizado la versión demostrativa gratuita pero con toda su funcionalidad, descargable desde la Web del programa.
- Programa de análisis estadístico. Para el análisis estadístico de datos se ha empleado el paquete SPSS vers. 17. (<http://www.spss.com/es/> [consultado 12.08.2009]).
- Sistema de encuestas on-line. Para la realización de una formulario de valoración de la vulnerabilidad social a través de internet se ha usado el programa LimeSurvey (<http://www.limesurvey.org/> [consultado 12.08.2009]).

4.2. Ámbito geográfico

El ámbito geográfico sobre el que vamos desarrollar el análisis de la vulnerabilidad territorial es la isla de Mallorca, excluyendo el municipio de Palma. Las especiales características de Palma como principal núcleo de población de la isla, con más de 400.000 habitantes y la concentración de una gran parte de las grandes infraestructuras y equipamientos hacen aconsejable que sea objeto de un estudio específico de mayor detalle por lo que no se ha considerado oportuno incluirla en este trabajo.

La isla de Mallorca es la isla de mayor tamaño del Archipiélago Balear junto a las islas de Menorca, Ibiza y Formentera. (Anexo 9.4. Memoria I. Incluye una descripción básica de las componentes del paisaje balear) . Está situada en el Mediterráneo Occidental y posee una superficie de 3.367 Km². Se localiza a unos 160 Km. de la Península Ibérica. Posee una forma romboidal flanqueada por dos entrantes correspondientes a las Bahías de Alcúdia y Pollença al Norte y a la Bahía de Palma al Sur. La distancia máxima de Norte (Cap de Formentor) a Sur (Cap de ses Salines) es de unos 79 Km. mientras de Oeste (Sant Elm) a Este (Capdepera) es de unos 96 Km. (Figura 4.7).

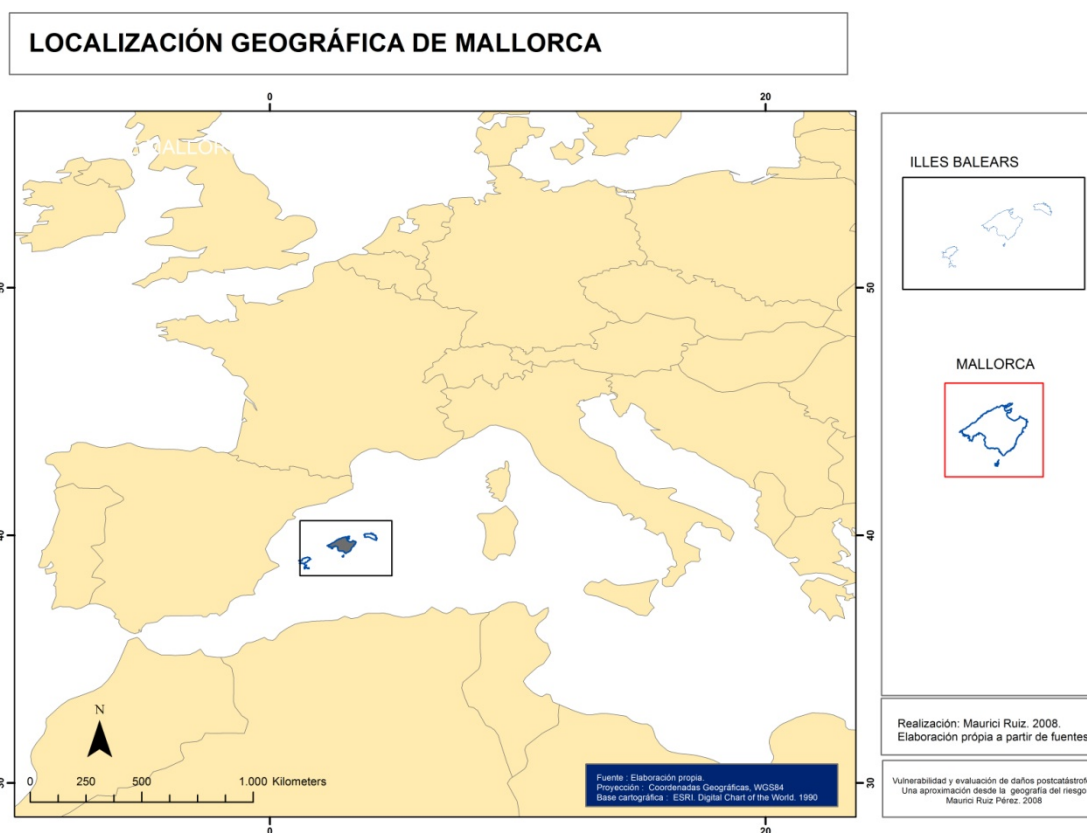


Figura 4.7. Localización de la isla de Mallorca en el Mediterráneo

Destacan cinco unidades principales de relieve: la serra de Tramuntana, el Raiguer, las serres de Llevant, el Mitjorn i la depressió Central o el Pla.

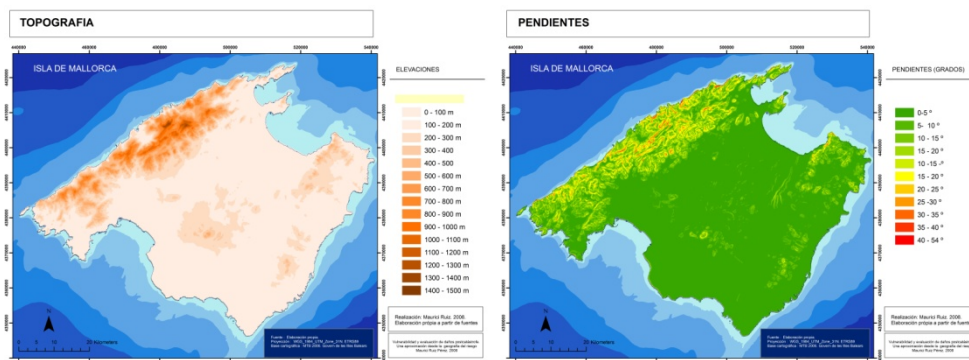


Figura 4.8. Topografía de Mallorca
Fuente:

El clima de Mallorca es típicamente mediterráneo (Cs Köppen). Las precipitaciones medias anuales oscilan en torno a los 450-650 mm, pero pueden variar en función de la localización geográfica desde 350 mm en la zona sur, hasta los 1.500 mm en la Serra de Tramuntana. (Figura 4.8.) El periodo lluvioso se concentra en otoño, mientras que el verano es muy seco. Ello provoca una sequía estival. Las temperaturas medias anuales son templadas entorno a los 16-18°C con máximas medias entorno a los 29-31 °C y mínimas medias sobre los 5-9 °C. (Figuras 4.9, 4.10).

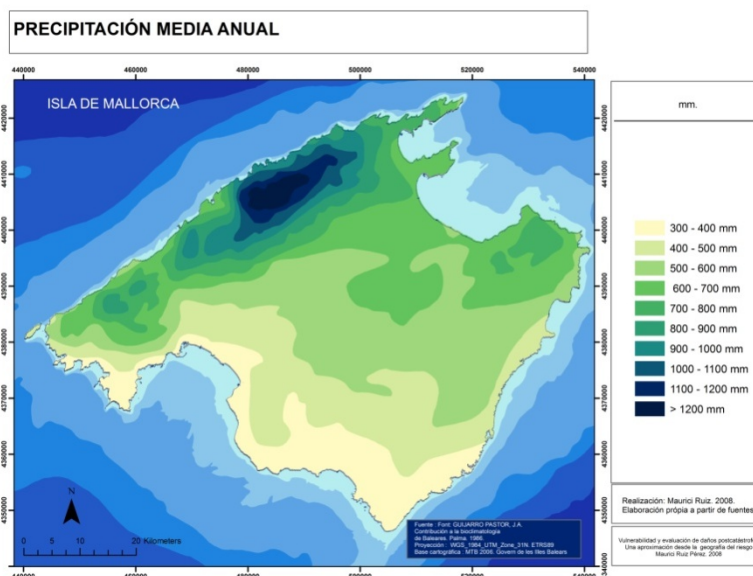


Figura 4.9. Precipitación anual media
Fuente: Miquel Grimalt, Atles de les Illes Balear, Govern de les Illes Balears. 1998)

Mallorca és la part emergida de major superfície del promontori Balear del que també apareixen les demés illes de Archipiélago Balear existint una continuïtat entre el sistema Bètic i dicho promontori. La isla està estructurada en dos alineacions de muntanyes en sentit SW a NE , la Serra de Tramuntana y las Serras de Llevant. Entre ambas sierras se

encuentra el Pla de Mallorca una zona más llana formada por sedimentos relativamente modernos. Mallorca se formó estructuralmente por la orogenia alpina originada por el contacto entre la placa Africana y la placa Euroasiática, lo cual explica la alineación continuidad del sistema bético con el Archipiélago Balear.

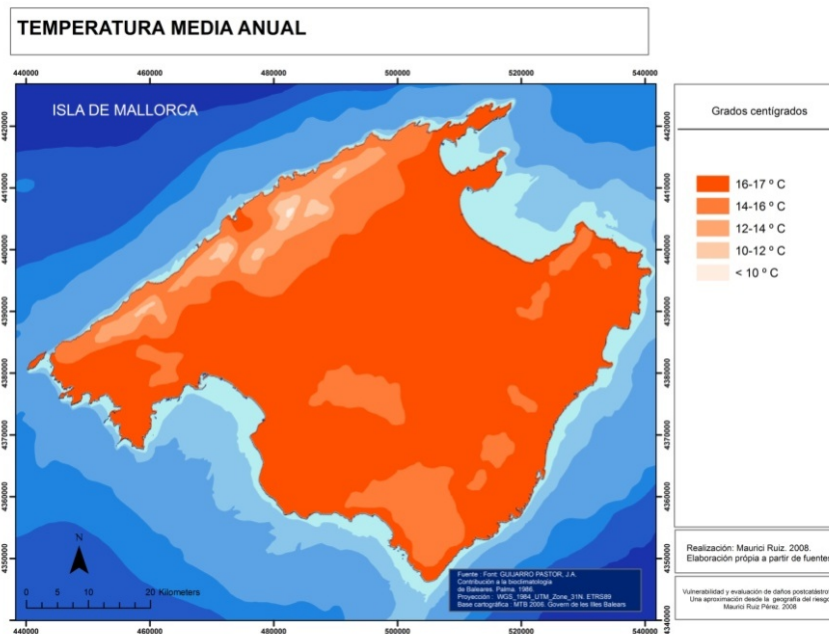


Figura 4.10. Temperaturas anuales medias
Fuente: Miquel Grimalt, Atles de les Illes Balear, Govern de les Illes Balears. 1998)

En la isla de Mallorca la litología mayoritaria es de materiales calcáreos o carbonatados formados de origen marino. En el Triásico y Jurásico sufrieron el plegamiento alpino y quedaron emergidos dando lugar a las cordilleras de la isla y el Puig de Randa. La excepción son los afloramientos del Triásico de materiales detríticos del Buntsandstein y rocas volcánicas del Keuper. (Figura 4.11.)

El reducido tamaño de la isla, la escasa y concentrada precipitación anual y su litología calcárea impiden que se formen cursos de agua continuos, por lo que no existen ríos sino torrentes (Figura 4.12.). La topografía de la isla condiciona su trazado y longitud por lo que en las zonas montañosas son habitualmente de corto recorrido, mientras que los que atraviesan el Pla suelen ser más largos.

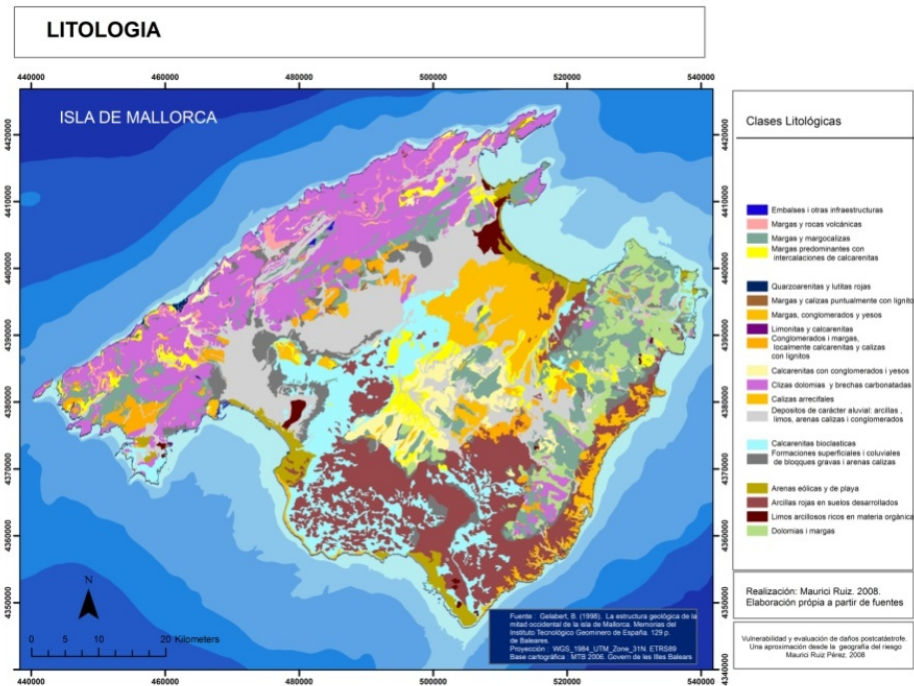


Figura 4.11. Litología de Mallorca
Fuente: (Gelabert, B. 1996)

En la desembocadura de algunos torrentes en zonas de baja topografía se forman albuferas como la de Alcúdia-Muro, Es Salobrar de Campos o el Prat de Sant Jordi (Palma). Dichas zonas concentran valores ecológicos de gran interés por lo que algunas han sido objeto de protección.

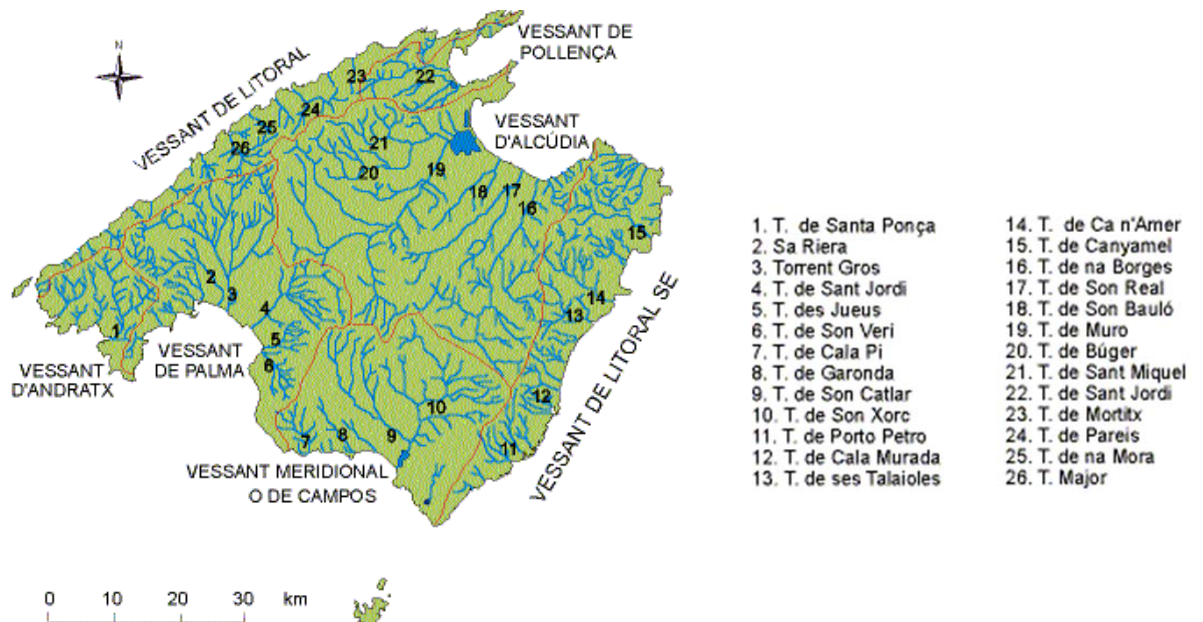


Figura 4.12. Red fluviotorrentencial y zonas húmedas de Mallorca
Fuente: (Miquel Grimalt, Atles de les Illes Balear, Govern de les Illes Balears. 1998)

Las características biogeográficas de la isla de Mallorca vienen condicionadas por su carácter insular que provoca un empobrecimiento de especies respecto a las áreas continentales pero favorece la aparición de endemismos. El clima mediterráneo de Mallorca, junto a la naturaleza calcárea del suelo también condiciona en gran medida las comunidades vegetales y animales de la isla.

La vegetación de Mallorca viene condicionada por su carácter insular, su localización geográfica en el Mediterráneo occidental y la fuerte acción antrópica a lo largo de los años. Las principales formaciones vegetales de Mallorca son:

- El encinar balear (*Cyclamini-Quercetum illicis*) que aparece en las zonas más pluviosas de la isla, especialmente en la Serra de Tramuntana. Se trata de la comunidad climática de la isla.
- El matorral de acebuche (*Oleo-Ceratonion*), que ocupa zonas menos montañosas en la depresión central y la zona Sur de la isla. Guarda una gran similitud con las maquias provenzales. Es una formación termófila con profusión de arbustos y lianas.
- El matorral de brezo calcícola (*Romarino-Ericion*). En la cual predomina el brezo (*Erica multiflora*) y el romero (*Rosmarinus officinalis*). Se distribuye también en zonas bajas colonizando también zonas costeras y montañosas. Es menos abundante que el matorral de acebuche.
- Bosques de ribera. En los lechos de torrente y zonas inundables.
- Vegetación costera. Incluye a la vegetación de costa rocosa, la vegetación dunar, y la vegetación halófila.
- Vegetación de alta montaña (Hipericion Balearici) donde la ausencia de suelo o la fuerza del viento impiden el desarrollo de otras comunidades.

En las zonas de matorral y colonizando áreas de encinar se constata la presencia de *Pinus halepensis* (pino blanco) que corresponde a la especie forestal más abundante de la isla. (Figura 4.13.)

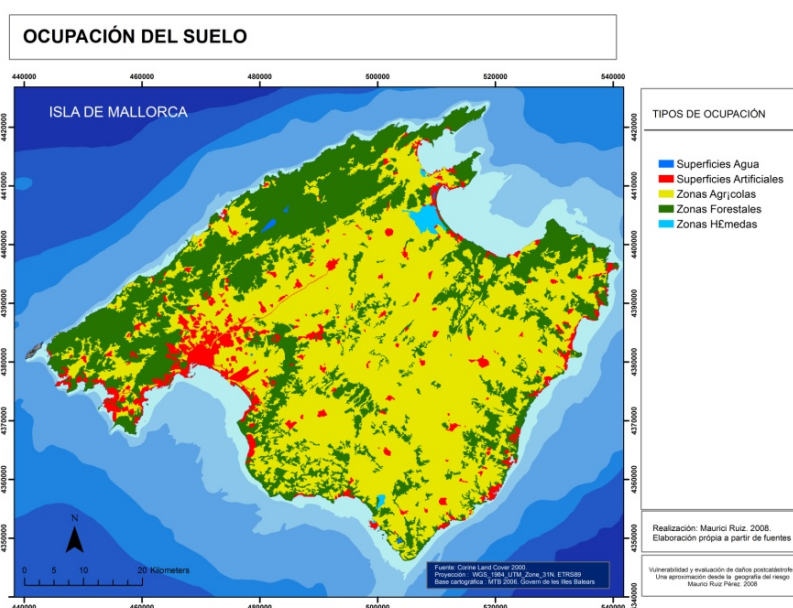


Figura 4.13. Ocupación del suelo
Fuente: (Corine Land Cover, 2000)

Mallorca se divide en 54 municipios (Mapa 3. Anexo Cartográfico) y su población en la actualidad es de 862.000 personas (Padrón Habitantes 2009) ([<http://www.ibestat.es>] Consultado 12.10.2010) . Su distribución es no es informe en el territorio. Se encuentra polarizada en Palma con 400.000 hab., la capital de la provincia, seguido por Calvià, Manacor, Lluçmajor y Marratxí (Tabla 4.1) (Mapas 25,26,27).

CP-MUNICIPIO	POBLACIÓN
07040 Palma	401.270
07011 Calvià	51.774
07033 Manacor	40.548
07031 Lluçmajor	36.078
07036 Marratxí	33.348
07027 Inca	29.308
07003 Alcúdia	19.071
07022 Felanitx	18.270

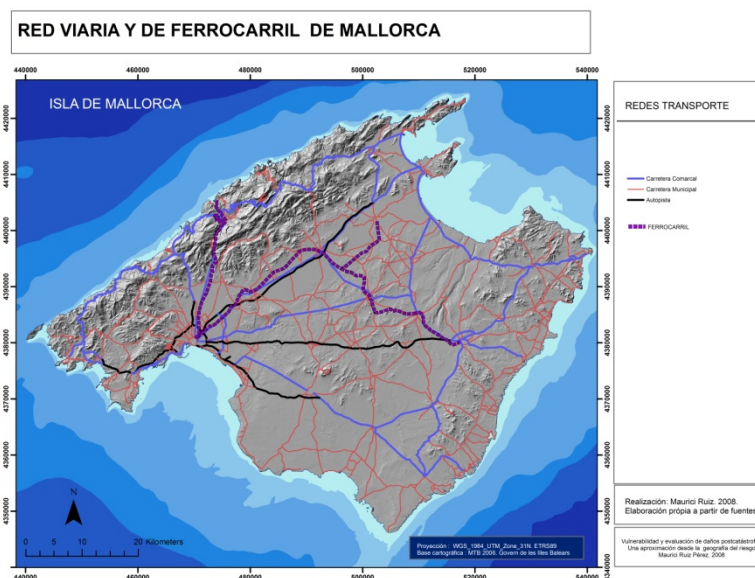
Tabla 4.1. Población de hecho de los principales municipios de Mallorca. (Fuente IBESTAT 2010)

En los últimos años la población ha manifestado un incremento significativo por la llegada masiva de inmigrantes, que ha compensado el descenso de la natalidad que se experimentaba desde hace varias décadas. En este sentido la inmigración extranjera en Mallorca presenta dos corrientes, una del flujo de europeos (básicamente de tipo residencial) y otra de flujo del sur compuesto por inmigrantes procedentes del Magreb, América Latina (Tabla 4.2.).

La isla de Mallorca cuenta con un amplio conjunto de infraestructuras y equipamientos que la configuran como una isla moderna bien equipada para el desarrollo de la industria turística. La infraestructura viaria de la isla es radial confluyendo en la ciudad de Palma desde la que salen autopistas y autovías al resto de la isla. La mayor accesibilidad se encuentra en el eje Palma-Inca mientras que en la Serra de Tramuntana y las zona periféricas son las más marginales. La isla también cuenta con varias líneas de ferrocarril con Palma como origen de las rutas (Palma-Inca-sa Pobla, Palma-Inca-Manacor, Palma-Sóller) (Figura 4.14).

Resumen anual por isla y municipio, tipo de nacionalidad, Población > Movimiento migratorio		
Unidad de medida: Número de inmigraciones y emigraciones Periodo de referencia: Migraciones 2009		
	TOTAL	
	Emigrante	Inmigrante
MALLORCA		
Total nacionalidad		
Total	45584	51700
Illes Balears	23757	23889
Otra CA	14812	14015
Extranjero	7015	13796
Española		
Total	26225	25407
Illes Balears	15289	15345
Otra CA	10220	9615
Extranjero	716	447
Extranjera		
Total	19359	26293
Illes Balears	8468	8544
Otra CA	4592	4400
Extranjero	6299	13349
Notas:		
Fuente: Institut d'Estadística de les Illes Balears (IBESTAT) a partir de los datos prop		
Copyright: 2010		
Instituto de Estadística de las Islas Baleares - w w w . i b e s t a t . e s - i b e s t a t @ c a i b . e s		

Tabla 4.2. Número de inmigraciones y emigraciones 2009. (Fuente IBESTAT 2010).

Figura 4.14. Red de transportes de Mallorca
Fuente: Elaboración propia a partir de Base Cartográfica Govern Balear 2006.

El desarrollo del sector turístico ha ido ligado al desarrollo de infraestructuras de transporte como el Aeropuerto de Palma y los puertos comerciales de Palma y Alcúdia que experimentan año tras año un incremento progresivo del número de pasajeros que visitan la isla. El

Aeropuerto de Palma es uno de los más importantes de España registrando una de las mayores tasas de pasajeros, operaciones y mercancías transportadas (Tabla 4.3).

Aeropuertos	PASAJEROS	
	Total	% Inc 2009 /s 2008
MADRID-BARAJAS	48.437.147	-4,7%
BARCELONA	27.421.682	-9,4%
PALMA DE MALLORCA	21.203.041	-7,1%
MÁLAGA	11.622.429	-9,3%
GRAN CANARIA	9.155.665	-10,3%

Tabla 4.3. Número pasajeros principales aeropuertos españoles

Fuente : Informe estadística anual 2009. <http://www.aena.es> [Consultada 12.10.2010]

La actividad turística es la actividad económica principal de la isla de Mallorca en detrimento de otras actividades (agrícolas, industriales, etc). Desde 1980 el número de turistas ha ido incrementándose progresivamente con fluctuaciones puntuales en determinados años (Figura 4.15). Mallorca constituye uno de los destinos más importantes de turismo de todo el Mediterráneo. Las zonas turísticas se concentran en los municipios costeros de la isla (Calvià, Andratx, Alcúdia, Muro, Sta. Margalida, Sant Llorenç, etc) y concentran la riqueza económica de la isla.

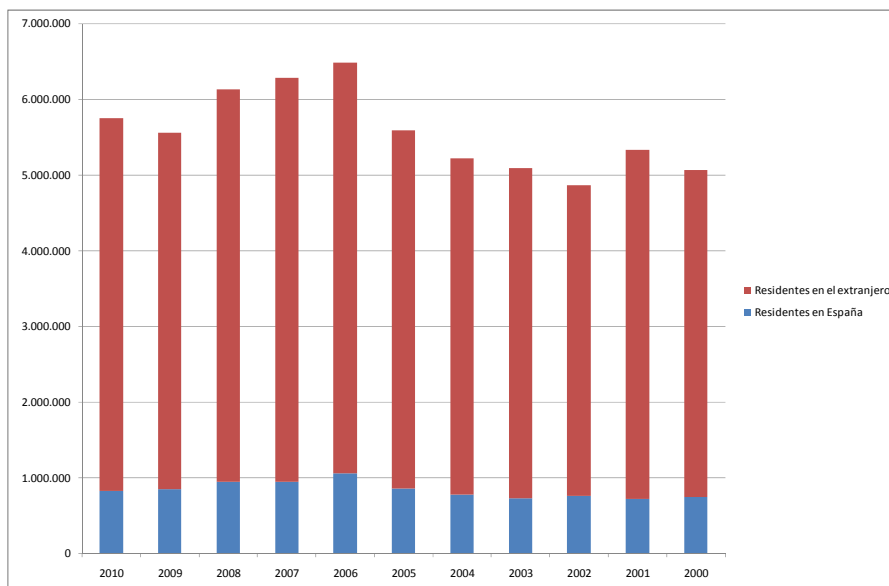


Figura 4.15 . Nº Evolución del número viajeros a Mallorca.

Fuente: Institut d'Estadística de les Illes Balears (IBESTAT) a partir de datos del INE. 2010.

El instrumento de planificación urbanística preferente de la isla de Mallorca es Plan Territorial Insular isla de Mallorca (PTI) aprobado por el Consell de Mallorca el año 2004 (<http://www.conselldemallorca.net/platerritorial/pages/cast/intro.htm> [consultado 18.08.2010]).

En la actualidad, la mayoría de municipios están adaptando su planeamiento urbanístico municipal a dicho instrumento.

DEBILIDADES :

- Situación jurídica poco estable.
- Antigüedad y complejidad de la estructura de planeamiento, heredero en demasiadas ocasiones del desarrollismo de épocas pasadas.
- Excesivo crecimiento demográfico y urbanístico.
- Un modelo dual de asentamientos con escasa interrelación entre los núcleos tradicionales y los turísticos.
- La macrocefalia que ejerce Palma sobre el resto de la isla.
- Un proceso de litoralización masiva que afecta a la mayor parte de los municipios costeros.
- La ocupación del territorio con nuevas infraestructuras y equipamientos para dar respuesta al crecimiento acelerado de la isla con un fuerte impacto paisajístico y los problemas de localización que plantean, unido a la falta de aplicación de políticas alternativas, en especial la adopción de medidas para potenciar el transporte público en la isla.
- Inadecuación de la oferta de equipamientos e infraestructuras con la estacionalidad demográfica.
- La presión urbanizadora sobre el suelo rústico
- La proliferación de segundas residencias como respuesta al crecimiento económico sin precedentes, que provoca necesidades de espacios de ocio entre los residentes
- Urbanización encubierta del suelo rústico producto de la edificación ilegal.
- El importante incremento en los últimos años del turismo residencial que provoca un mayor consumo del territorio y genera un menor valor añadido para la isla
- La sobreexplotación de los recursos naturales de la isla y los efectos negativos sobre el paisaje y el patrimonio natural

- Tipologías edificatorias poco acordes con el urbanismo tradicional. La presión urbanística pone en peligro la preservación del patrimonio urbanístico y arquitectónico y de la fisonomía tradicional de pueblos y ciudades.
- El incremento del coste del suelo que impide, por una parte, el desarrollo de otros sectores económicos menos rentables (sector agrario e industrial) y la dotación de suelo para actividades económicas y, por otra parte, encarece el precio de la vivienda, perjudicando a los residentes locales con menor poder adquisitivo.
- La escasa diversificación de la economía y la fuerte dependencia de la actividad turística, con la consiguiente problemática que genera la estacionalidad (concentración de la actividad económica en unos meses del año) y el escaso desarrollo del resto de sectores económicos, a excepción del sector de construcción, unido a la práctica desaparición del sector agrario.

FORTALEZAS :

- Iniciativas jurídicas territoriales y las normas cautelares, que se han adoptado para frenar el crecimiento excesivo de la edificación.
- Posición estratégica de la isla en relación al resto de Europa, en especial teniendo en cuenta la reducción de tarifas aéreas.
- Variedad y riqueza medioambiental.
- Infrautilización de infraestructuras utilizables debido a la temporalidad.
- Diversidad territorial: Pla, Tramuntana, costa...
- Creación de una red de valorización del paisaje para fomentar formas de turismo alternativo. Posibilidad de aprovechar la existencia de zonas naturales protegidas de elevado valor ambiental y paisajístico.
- Nuevas formas de turismo: deportivo, senderismo, de salud, etc.
- Recuperación del patrimonio cultural.

Tabla 4.4. Debilidades y fortalezas del Planeamiento urbanístico de Mallorca
Fuente: <http://www.conselldemallorca.net/platerritorial/MEMORIACAST/01.pdf>

En la fase de elaboración del PTI se realizó un análisis de la problemática de la isla que se resume en la tabla 4.4. y que proporciona una visión de las principales debilidades y fortalezas territoriales que su equipo redactor identificó en su momento y que pueden ayudar a dar una visión general de las cuestiones territoriales que afectan al territorio insular.

Los principales peligros naturales a los que se haya sometido la isla son las inundaciones, los deslizamientos, los incendios forestales y el peligro sísmico. Cada uno de ellos será analizado con mayor detalle en los apartados siguientes). A nivel autonómico, la Comunidad Autónoma de Baleares cuenta con un Plan Territorial de Protección Civil (PLATERBAL, Decreto 50/1998) así como recientemente se ha aprobado la Ley 3/2006 de 30 de marzo de Gestión de Emergencias en las Islas Baleares. El Estatuto de Autonomía aprobado por la Ley Orgánica de 2/1983 de 25 de febrero, atribuye a la Comunidad Autónoma de las Islas Baleares la función ejecutiva en materia de Protección Civil.

La Ley 3/2006 de 30 de marzo de Gestión de Emergencias de las Islas Baleares tiene por objeto establecer y regular el sistema público de gestión de emergencias y en especial el de protección civil en la comunidad autónoma de las Islas Baleares. El sistema público de emergencias comprende la actuación de las administraciones públicas de la comunidad autónoma dirigida a proteger la integridad de la vida de las personas, sus bienes y el patrimonio colectivo y ambiental frente a hipotéticos daños en situaciones de emergencia, catástrofe o calamidad.

En Baleares se han redactado tres planes especiales de protección civil que hacen referencia a desastres naturales :

INFOBAL: Plan Especial de Emergencias frente al Riesgo de Incendios Forestales *Decret 40/2005, de 22 d'abril (1 de setembre de 2005).*

INUNBAL : Plan Especial de Riesgo de Inundaciones *Decret 41/2005, de 22 d.abril (24 de setembre de 2005).*

GEOBAL : Plan Especial de Emergencias Sísmicas (*Decret 39/2005, de 22 d.abril*) (8 de octubre de 2005).

METEOBAL: Plan especial ante fenómenos meteorológicos adversos (FMA) aprobado por el Decreto 106/2006, de la Consejería de Interior de las Islas Baleares de 15 de diciembre de 2006 (*Gobierno de les Islas Balears*)

Para mayor información geográfica sobre Mallorca, existen numerosas referencias recogidas en la bibliografía: (BARCELÓ PONS, 1978; 1988.; COLOM CASASNOVAS, G. 1964.; CUERDA BARCELÓ, 1975; GOVERN BALEAR, 1987, 1995; LLUCH DUBON, F.D. 1997; PICORNELL, C.; SEGUÍ, J.M., 1989; ROSSELLÓ VERGER, V.M. 1977, 1964; RULLAN SALAMANCA, 1999, 2002; GIMENEZ, GELABERT, SABAT, 2007), etc.

4.3. Vulnerabilidad por exposición

La *Vulnerabilidad por Exposición* es una de las principales componentes del modelo de *Vulnerabilidad Territorial Integrada* proponemos, tal y como queda reflejado en la siguiente expresión:

$$\text{Vulnerabilidad Territorial Integrada} = \text{Vulnerabilidad por Exposición} \times \text{Vulnerabilidad Intrínseca} \times \text{Vulnerabilidad Social}$$

La vulnerabilidad por exposición a su vez la podemos descomponer en dos factores:

$$\text{Vulnerabilidad por Exposición} = \text{Territorio Expuesto} \times \text{Valor Territorial}$$

El *Valor Territorial* representa el coste en unidades cuantitativas (normalmente económicas) de los bienes del territorio y por tanto es una variable multidimensional. De hecho, son muchos los factores a considerar en la valoración económica del territorio y cada uno de ellos requiere un procedimiento analítico concreto (tasación inmobiliaria, tasación agraria, tasación forestal, tasación arquitectónica, etc). Asimismo hay bienes de naturaleza especial (obras públicas, bienes culturales, espacios naturales, etc.) que precisan estudios específicos de elevada complejidad, y cuya valoración en ocasiones es objeto complejos estudios (Espacios Naturales (RIERA FONT, 2000). En este trabajo, a efectos prácticos vamos a simplificar el ámbito temático del conjunto de bienes territoriales considerando los siguientes factores: la población, las infraestructuras, la ocupación del suelo (incluyendo construcciones y medio rural) y el medio natural.

El *Territorio Expuesto* responde a la componente geográfica del peligro sin tener en cuenta la magnitud o intensidad del mismo. Se trata de una variable cuantitativa que se expresa en porcentaje de territorio expuesto a los peligros naturales por unidad geográfica (pe. *m2* expuestos/municipio). El territorio expuesto también se considera una variable multidimensional en base a la apreciación de distintos tipos de peligro. Para su valoración, es preciso definir una unidad territorial (municipio, retícula/píxel, zona) en nuestro caso vamos a definir tres niveles geográficos de valoración: el municipio, retículas 5 x 5 Km. y retículas 1 x 1 Km. Se consideran estos tres niveles geográficos de evaluación por los siguientes motivos:

- **Nivel municipal.** La gestión de los riesgos se realiza a distintos niveles geográficos (nacional, regional, provincial, municipal) entre los cuales el nivel municipal juega un rol prioritario a nivel operativo. La mayoría de indicadores territoriales de tipo social/económico/gobernanza en relación con la vulnerabilidad territorial frente a desastres naturales se encuentran desagregados a nivel municipal lo que hace necesario contar con ese nivel de agregación. El análisis de la vulnerabilidad a nivel municipal también resulta útil para el desarrollo de procesos de planificación de tipo regional/comunidad autónoma/insular (isla) ya que facilita la identificación de las localidades que concentran mayores riesgos y permite el desarrollo de políticas y

planes de prevención a este nivel.

- **Nivel retículas 5x5 Km.** Es una retícula extensa que genera unidades de 25 Km cuadrados. Dichas unidades no respetan la división administrativa del territorio y facilitan la planificación territorial de riesgos geográficos en un ámbito comarcal/regional. Se considera útil para detectar grandes áreas en conflicto a nivel supramunicipal/comarcal (Figura 4.16).

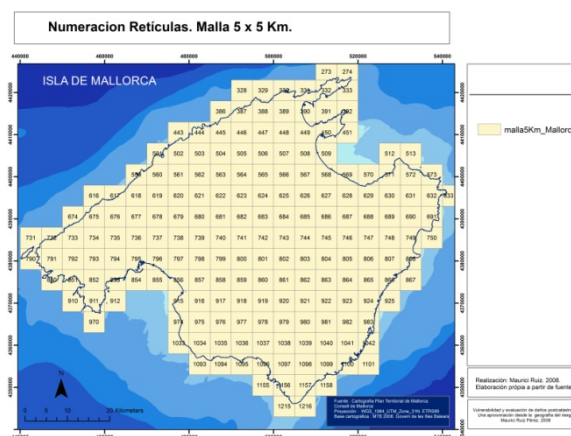


Figura 4.16. Retículas 5 x 5 Km. (Serie Cartográfica 1)

- **Nivel retículas 1x1 Km.** Nos proporciona el máximo nivel de detalle en el modelo de evaluación de la vulnerabilidad territorial que proponemos. Son unidades de 1 Km² que permiten una zonificación territorial detallada y una identificación territorial precisa de exposición a peligros naturales, valor territorial y vulnerabilidades (Figura 4.17).

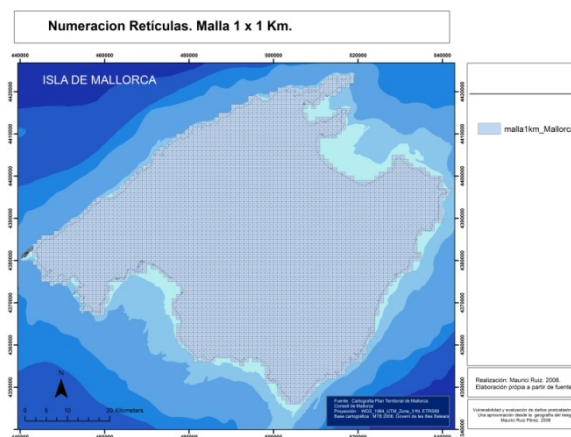


Figura 4.17. Retícula 1 x 1 Km. (Serie Cartográfica 2)

En este apartado analizaremos la exposición del territorio de Mallorca a los peligros naturales; para ello, en primer lugar, se procederá al análisis integrado de los peligros naturales con objeto de analizar el *Territorio Expuesto*, en segundo término, se procederá al cálculo del *Valor del Territorio* en unidades monetarias o cuantitativas y, finalmente se cruzarán ambos factores con

objeto de identificar los *valores territoriales expuestos* a peligros naturales.

A tal fin, en primer lugar se realizará la integración de las cartografías de peligros naturales considerados: peligro inundación, peligro de deslizamiento, peligro de incendio forestal, peligro sísmico. A continuación, a partir de la agregación del valor de su población, infraestructuras, ocupación del suelo y recursos naturales, se evaluará el valor económico de cada unidad territorial establecida (municipio, retículas 5x5 Km. y retículas 1x1 Km). Finalmente, por integración del *Territorio Expuesto* al *Valor Territorial* se obtendrá la *Exposición Territorial* a los peligros territoriales.

$$\text{Territorio Expuesto (TE)} = \text{TE peligro 1} + \text{TE peligro 2} \dots + \text{TE peligro } n$$

n: número de peligros

$$\text{Valor Territorial (VT)} = \text{Valor Población} + \text{Valor Infraestructuras} + \text{Valor Ocupación Suelo} \\ (\text{Construcciones/Suelo Rústico}) + \text{Valor Medio Natural}$$

$$\text{Exposición Territorial} = \text{TE} \times \text{VT}$$

4.3.1. Territorio Expuesto

Con objeto de evaluar el territorio expuesto al peligro se ha procedido a la integración cartográfica de los mapas de peligros naturales de Mallorca correspondientes al peligro de inundación, peligro de deslizamientos, peligro de incendio y peligro sísmico. Es importante señalar que no existe cartografía de calidad de los peligros naturales considerados, por lo que se ha optado en cada caso por la selección de las fuentes disponibles que hemos creído más adecuadas en el momento de elaborar esta investigación.

Para el cálculo del territorio expuesto y la integración de la cartografía de peligros se ha hecho uso de las capacidades analíticas de superposición cartográfica del programa informático ArcGIS versión 9.3. combinado al programa de análisis estadístico SPSS vers. 13.0.

4.3.1.1. Territorio Expuesto peligro de inundación

Territorio Expuesto al Peligro Inundación

Las inundaciones son uno de los peligros naturales que mayor incidencia ha tenido históricamente en Mallorca (GRIMALT GELABERT, 1992) y que ha sido estudiado con mayor profusión.

El mapa de peligro de inundación que se ha tomado de referencia para el estudio del territorio expuesto es el realizado por la Dirección General de Emergencias de la Consejería de Interior del Gobierno de las Islas Baleares para la elaboración del Plan Especial frente al Riesgo de

Inundaciones que fue aprobado por el Decreto 40/2005 de 22 de abril de 2005 y publicado en el Boletín Oficial de la Comunidad Autónoma de las Islas Baleares el día 23 de septiembre de 2005. (BOIB núm. 141 Ext.). Dicho mapa se realizó en base al *Atlas de las redes de drenaje y planas de inundación de las Islas Baleares* de la Dirección General de Recursos Hídricos del Gobierno Balear. 2001. De hecho, no se trata propiamente de un mapa de peligro de inundación en el que identifiquen zonas inundables y se establezcan periodos de retorno. Es un mapa de delimitación de zonas potencialmente inundables realizado a partir de criterios geomorfológicos. Es la única fuente de información validada en esta materia y que ha sido también utilizada para la elaboración del Plan Territorial de Mallorca (<http://www.conselldemallorca.cat/platerritorial/> [consultado 09.12.2010]) en la delimitación de las zonas de protección territorial frente a riesgos naturales. (Figura 4.18. Mapa 5).

El modelo de distribución de las zonas inundables de Mallorca es consecuencia de diversos aspectos de tipo climático, geomorfológico y antrópico. En general, el régimen de precipitaciones de Mallorca se adapta a un clima mediterráneo seco y da lugar a un régimen fluvial basado en la ausencia de cursos permanentes. Las precipitaciones extremas y concentradas en determinadas épocas del año (preferentemente en otoño) provocan frecuentemente el desbordamiento de los torrentes. En este sentido los torrentes con caudales más importantes y regulares son los que reciben aguas de la Serra de Tramuntana (*Torrent de Sant Miquel*, *Torrent Major* –Sóller-) y las Serres de Llevant. Las zonas húmedas de Mallorca son litorales y coinciden con la desembocadura de los principales torrentes de la isla:

- Albufera. Torrent de Muro, Torrent de Búfer, Torrent de Sant Miquel.
- Albufereta de Pollença. Torrent de Sant Jordi.
- Es Salobrar de Campos. Torrent de Son Xorc, Torrent de Sont Catllar.
- Estany de Son Bauló i Son Real En ocasiones no llegan a formarse zonas húmedas extensas sino Estanc de na Borges / Torrente de Na Borges, torrente de Son Real, torrente de Son Baulò.

Asimismo, la topografía de la isla da lugar a la aparición de áreas endorreicas y zonas anegadas (Estany de ses Gambes, ses Salines).

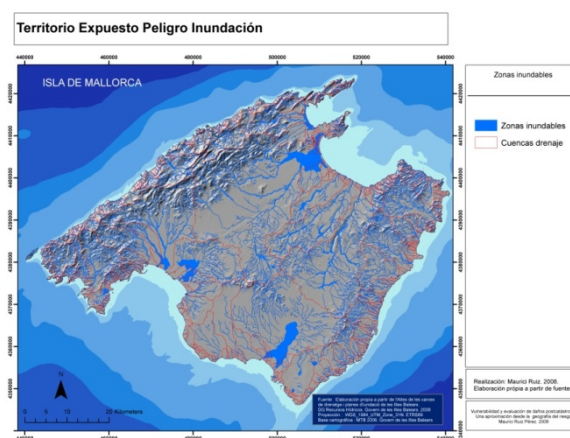


Figura 4.18. Peligro de Inundación.
(Anexo Cartográfico: Mapa 5)

La figura 4.18 presenta los torrentes y las zonas inundables. Podemos observar que las mayores áreas expuestas al peligro de inundación coinciden con la desembocadura de grandes cuencas (s'Albufera, Campos, Na Borges).

Grimalt ((GRIMALT GELABERT, 1992) en su trabajo sobre inundaciones históricas señala que las áreas que han sufrido la mayor parte de las inundaciones son los núcleos urbanos de Palma, Sóller y Manacor y las planas aluviales de sa-Pobla Muro (por influencia de s'Albufera), la plana aluvial de Palma y la depresión de Campos. Asimismo, Grimalt destaca también que de forma frecuente existe registro de inundaciones ligados a actividad torrencial repartidos por toda la geografía mallorquina (Algaida, Artà, Bunyola, Pollença, etc) así como inundaciones provocadas por fenómenos de endorreísmo en amplios sectores en la zona Sur de Mallorca como la Coma de Son Granada (Llucmajor), el Camp d'en Torrella o el Camp de sa Vinya (Santanyí) o el Camp Lledó (Ses Salines). También son reseñables diversas zonas de la Serra de Tramuntana, como la Coma de Son Torrella, el Clot de l'Infern, o les Comes de Mortitx.

El total de superficie expuesta a peligro de inundación en la isla de Mallorca es de 16.051,3 Hectáreas, lo que supone un 4,43 % del territorio insular.

Para el estudio de la exposición al peligro de inundación a nivel municipal se ha realizado el cálculo de las superficies inundables mediante la superposición del mapa de municipios sobre el mapa de peligro de inundación. La superficie inundable de cada municipio se representa en en la figura 4.19 (a) 4.20, 4.21 y en la tabla 4.5.

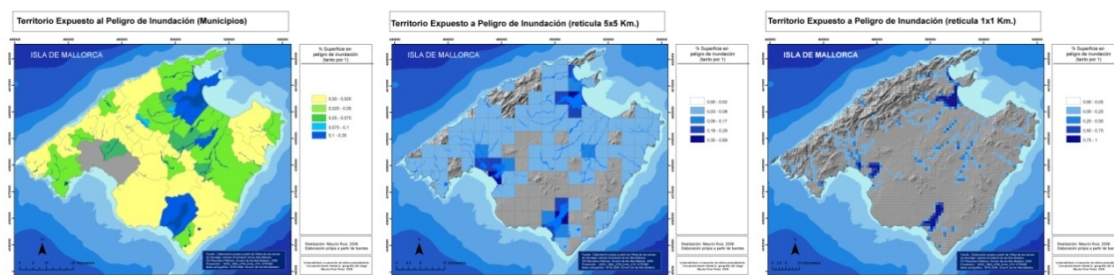


Figura 4.19. Mapas de exposición al peligro de Inundación : nivel municipal, retículas 5x5 Km. , retículas 1x1 Km. (Anexo cartográfico: Mapas 6,,7,8)

En general, puede decirse que se observa un nivel de exposición territorial bajo. Solo los municipios de Campos, Muro, Sa Pobla superan el 20% de territorio expuesto. Este hecho se produce porque Muro y Sa Pobla se encuentran en la zona de influencia de la Albufera de Mallorca (la principal zona húmeda dela isla) y el municipio de Campos incluye *es Salobrar* . Ambos enclaves son susceptibles de anegarse frecuentemente por lo que sus valores de exposición son muy elevados.

7unicipio	Superficie Expuesta Inundación (Ha)	Porcentaje de Municipio Expuesto a la inundación	Porcentaje respecto al total zonas inundables	Municipio	Superficie Expuesta Inundación (Ha)	Porcentaje de Municipio Expuesto	Porcentaje respecto al total zonas inundables
Alaró	69,49	1,52	0,43	Manacor	680,97	2,62	4,24
Alcúdia	634,93	10,61	3,96	Mancor de l	50,87	2,56	0,32
Algaida	132,49	1,48	0,83	Maria de la	211,48	6,94	1,32
Andratx	153,16	1,95	0,95	Marratxí	297,86	5,50	1,86
Ariany	230,60	10,03	1,44	Montuïri	186,69	4,54	1,16
Artà	209,84	1,50	1,31	Muro	2.029,49	34,66	12,64
Banyalbufar	0,00	0,00	0,00	Palma	2.624,24	13,43	16,35
Binissalem	0,00	0,00	0,00	Petra	322,42	4,60	2,01
Búger	71,45	8,63	0,45	Pobla (Sa)	1.159,22	23,87	7,22
Bunyola	117,29	1,39	0,73	Pollença	585,49	3,87	3,65
Calvià	389,53	2,69	2,43	Porreses	0,00	0,00	0,00
Campanet	206,35	5,96	1,29	Puigpunyent	64,84	1,53	0,40
Campos	3.015,31	20,17	18,79	Salines (Se	169,62	4,36	1,06
Capdepera	145,54	2,65	0,91	Sant Joan	78,53	2,04	0,49
Consell	3,12	0,23	0,02	Sant Llorenç	128,43	1,57	0,80
Costitx	0,00	0,00	0,00	Santa Eugèn	0,00	0,00	0,00
Deià	0,00	0,00	0,00	Santa Marga	337,61	3,90	2,10
Escorca	14,23	0,10	0,09	Santa María	7,19	0,19	0,04
Esporles	114,10	3,24	0,71	Santanyi	180,42	1,45	1,12
Estellencs	0,00	0,00	0,00	Selva	134,97	2,77	0,84
Felanitx	123,72	0,73	0,77	Sencelles	11,92	0,23	0,07
Fornalutx	0,00	0,00	0,00	Sineu	247,14	5,18	1,54
Inca	155,26	2,66	0,97	Sóller	132,58	3,10	0,83
Lloret de V	3,57	0,20	0,02	Son Servera	67,75	1,59	0,42
Lloseta	90,84	7,51	0,57	Valldemossa	52,22	1,22	0,33
Llubí	150,84	4,32	0,94	Vilafranca	126,98	5,30	0,79
Llucmajor	130,74	0,40	0,81				

Tabla 4.5. Territorio Expuesto Peligro de Inundación. Nivel Municipal.



Tabla 4.6. Estadísticos peligro de inundación a nivel municipal.

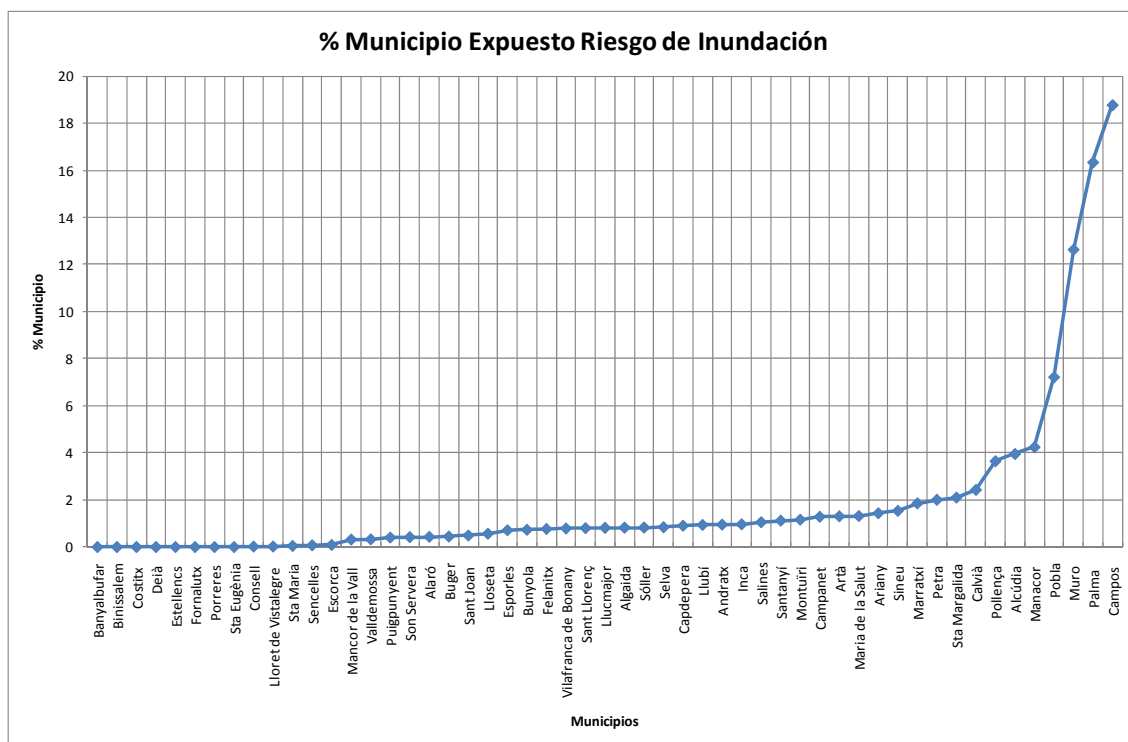


Figura 4.21. Exposición Territorial Peligro Inundación. Frecuencias

En el mapa de unidades geográficas de 1x1 Km (Mapa 8) se identifican con mayor detalle las zonas expuestas al peligro de inundación. Existen retículas que llegan hasta el 100% de exposición. El mapa refleja la existencia de tres zonas de máxima exposición: Alcudia, Campos y Palma. La distribución de las zonas expuestas redibujan el modelo hidrológico de Mallorca, de forma que aparecen a lo largo del curso de los principales torrentes.

El Plan Especial frente al Riesgo de Inundaciones (CAIB, 2005) distingue cuatro tipos de inundaciones que pueden producirse en la isla y que quedan representadas de forma patente en el mapa de territorio expuesto:

- Inundaciones en valles fluviales. Producidas a causa de una incapacidad del cauce de los torrentes de soportar una crecida, provocando su desbordamiento. Se producen mayoritariamente en gran parte de los torrentes que alimenta la Serra de Tramuntana.
- Inundación en abanicos aluviales. Provocadas a causa de la escasa profundidad del cauce de los torrentes que atraviesan abanicos aluviales. Pe. Serres de Llevant,
- Inundación en áreas endorreicas.
- Inundación en planas de inundación. Se trata de una inundación masiva en llanuras aluviales, que en ocasiones en las desembocaduras de los torrentes es acompañada por elevación del nivel del agua del mar. Es el caso de las planas de sa Pobla, Pla d'Inca o el Pla de Campos.

4.3.1.2. Territorio Expuesto al peligro de deslizamiento

El mapa de peligro de deslizamientos que se va a considerar es el que el Plan Territorial de Mallorca (Consell de Mallorca, 2004) utiliza para la identificación de las zonas de protección urbanística frente al riesgo. Dicho mapa fue elaborado por el Dr. Bernadí Gelabert con mi colaboración en el marco de un convenio con la empresa IDOM/MECSA para la construcción de un sistema de información geográfica del Plan Territorial de Mallorca en el año 2001. El mapa se obtiene a partir de la integración de la cartografía de pendientes, litología, ocupación del suelo, y terrazas (anexo 9.3). Se distinguen tres niveles de peligro en función de las condiciones ambientales de cada emplazamiento (Figura 4.22).

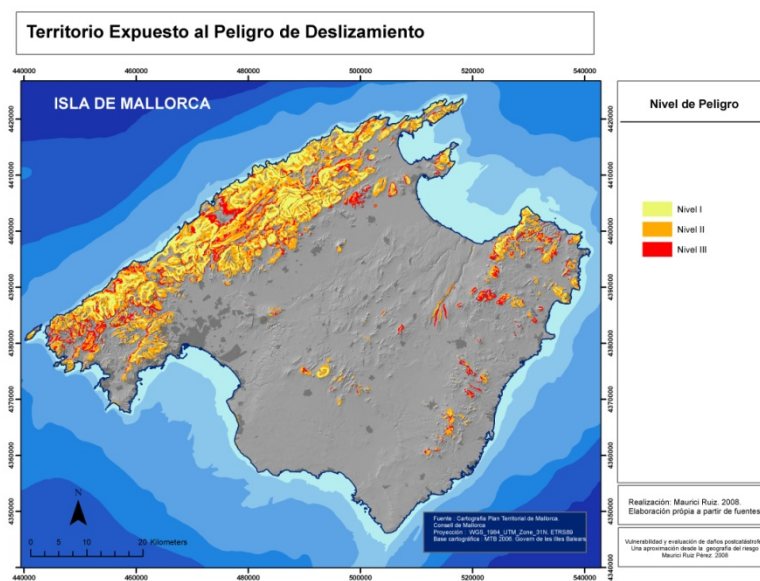


Figura 4.22. Exposición peligro de deslizamiento (Anexo Cartográfico: Mapa 9).

El peligro de deslizamiento o de movimientos de ladera se relaciona de forma directa con factores geomorfológicos y en especial con las dinámicas implicadas en el movimiento de las capas superficiales del terreno. Cruden (CRUDEN & VARNES, 1996) lo define como *“movimiento de una masa de roca, tierra o derrubios hacia debajo de una ladera”*. Para que se produzca un deslizamiento. Ayala Carcedo (AYALA-CARCEDO, 2002) distingue un conjunto de factores condicionantes, como son la litología, la estructura geológica, la hidrogeología, el relieve o el clima y factores desencadenantes como la lluvia, las inundaciones, la deforestación, la sobrecarga, un terremoto, etc.

En Mallorca los deslizamientos se han venido produciendo históricamente por inestabilidad de las pendientes, ligadas a litologías propensas y carga de terrenos a causa de lluvias intensas. (MATEOS RUIZ, 2000). El corte de carreteras en la Serra de Tramuntana es un hecho habitual que se repite frecuentemente cada año. Grimalt (GRIMALT GELABERT, 1992) señala diversos episodios catastróficos singulares a lo largo de la historia en su mayoría en la Serra de Tramuntana (Sóller, Fornalutx, Mancor de la Vall, etc). La actividad humana relacionada con la

construcción de terrazas ha jugado un papel clave en la contención de tierras en Mallorca reduciendo la probabilidad de deslizamiento en las zonas en que se presenta.

La exposición a los peligros de deslizamientos se relaciona de forma directa a la topografía. Los municipios que presentan mayores pendientes son los que también manifiestan mayor exposición al peligro por deslizamiento (Figura 4.23).

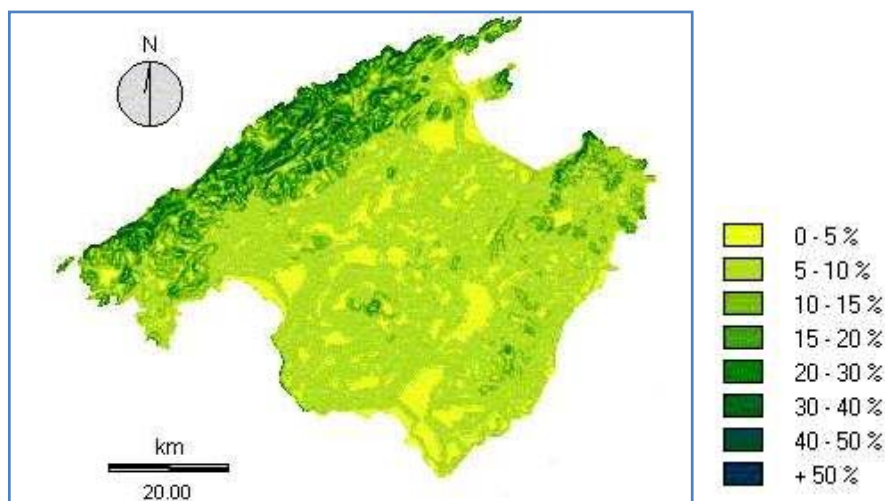


Figura 4.23. Pendientes de la isla de Mallorca (porcentaje).

Destacan en especial los municipios ubicados en la Serra de Tramuntana: Deià, Fornalutx, Estellencs, Banyalbufar, Escorca, Sóller, Valldemossa que todos ellos superan el 50% del territorio expuesto. En segundo término habría que destacar algunos municipios del Raiguer, como Campanet, Lloseta y Santa Maria y de las Serres de Llevant como Artà, así como el municipio de Calvià cuya superficie expuesta oscila entre el 10 y el 30%. (Figuras: 4.24 (a), 4.25., 4.26.) (Tablas : 4.7, 4.8.).

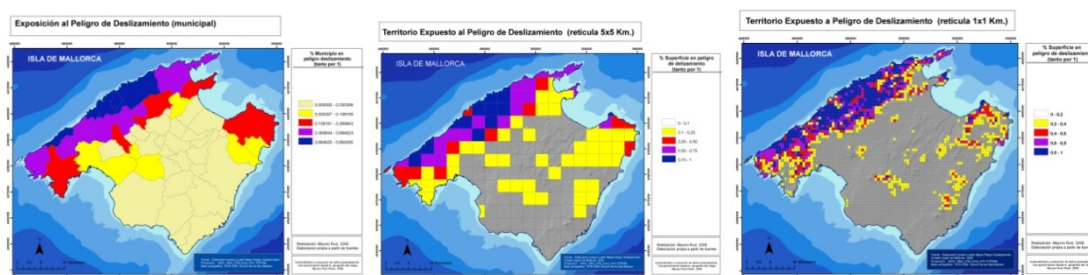


Figura 4.24. Mapas de Exposición peligro de deslizamiento (Anexo Cartográfico: Mapas 10, 11, 12)

Escorca concentra el 16% de las zonas en peligro de deslizamiento de Mallorca, seguido por Pollença con el 11,35 % y Bunyola con el 7,06 % y el resto de municipios de la Serra de Tramuntana. (Tabla 4.8).

La distribución estadística de los valores de territorio expuesto al peligro de deslizamiento

constata en primer lugar la existencia de un gran número de municipios que prácticamente no están expuestos a dicho peligro, en segundo término la gran variabilidad de valores de exposición para aquellos municipios expuestos (Tabla 4.7).

Estadísticos descriptivos				
	N	Mínimo	Máximo	Media
% Municipio en riesgo deslizamiento	53,00	0,00	89,43	23,45
N válido (según lista)	53			

Tabla 4.7. Estadísticos exposición al peligro de deslizamientos a nivel municipal.

Municipio	Superficie Expuesta Peligro deslizamiento	Porcentaje Municipio Expuesto	Porcentaje respecto al total de zonas expuestas	Municipio	Superficie Expuesta Peligro deslizamiento	Porcentaje Municipio Expuesto	Porcentaje respecto al total de zonas expuestas
Alaró	2352,65	51,50	3,51	Manacor	917,96	3,53	1,37
Alcúdia	1221,64	20,41	1,82	Mancor de la Vall	1292,49	65,03	1,93
Algaida	381,71	4,26	0,57	Maria de la Salut	0,00	0,00	0,00
Andratx	4408,18	56,02	6,57	Marratxí	4,00	0,07	0,01
Ariany	0,00	0,00	0,00	Montuïri	11,76	0,29	0,02
Artà	3372,66	24,15	5,03	Muro	0,00	0,00	0,00
Banyalbufar	1496,34	82,93	2,23	Palma	1002,37	5,13	1,49
Binissalem	85,94	2,89	0,13	Petra	229,51	3,27	0,34
Buger	0,00	0,00	0,00	Pobla	382,62	7,88	0,57
Bunyola	4757,89	56,22	7,09	Pollença	7642,18	50,51	11,39
Calvià	3959,93	27,36	5,90	Porreres	113,65	1,31	0,17
Campanet	1226,36	35,42	1,83	Puigpunyent	2610,76	61,75	3,89
Campos	0,00	0,00	0,00	Salines	0,00	0,00	0,00
Capdepera	1116,08	20,32	1,66	Sant Joan	44,31	1,15	0,07
Consell	0,00	0,00	0,00	Sant Llorenç	768,67	9,38	1,15
Costitx	1,00	0,07	0,00	Sta Eugènia	109,45	5,41	0,16
Deià	1352,00	89,43	2,01	Sta Margalida	0,00	0,00	0,00
Escorca	10904,99	78,27	16,25	Sta Maria	733,12	19,50	1,09
Esporles	2073,99	58,81	3,09	Santanyi	0,00	0,00	0,00
Estellencs	1172,14	87,53	1,75	Selva	1801,45	36,98	2,68
Felanitx	507,01	2,97	0,76	Sencelles	0,00	0,00	0,00
Fornalutx	1712,69	87,90	2,55	Sineu	7,86	0,16	0,01
Inca	74,00	1,27	0,11	Sóller	3134,25	73,38	4,67
Lloret de Vistalegre	0,00	0,00	0,00	Son Servera	460,33	10,82	0,69
Lloseta	359,98	29,78	0,54	Valldemossa	2932,53	68,46	4,37

Llubí	1,00	0,03	0,00	Vilafranca de Bonany	0,00	0,00	0,00
Llucmajor	372,15	1,14	0,55				

Tabla 4.8. Territorio Expuesto Peligro de Deslizamientos. Nivel Municipal.

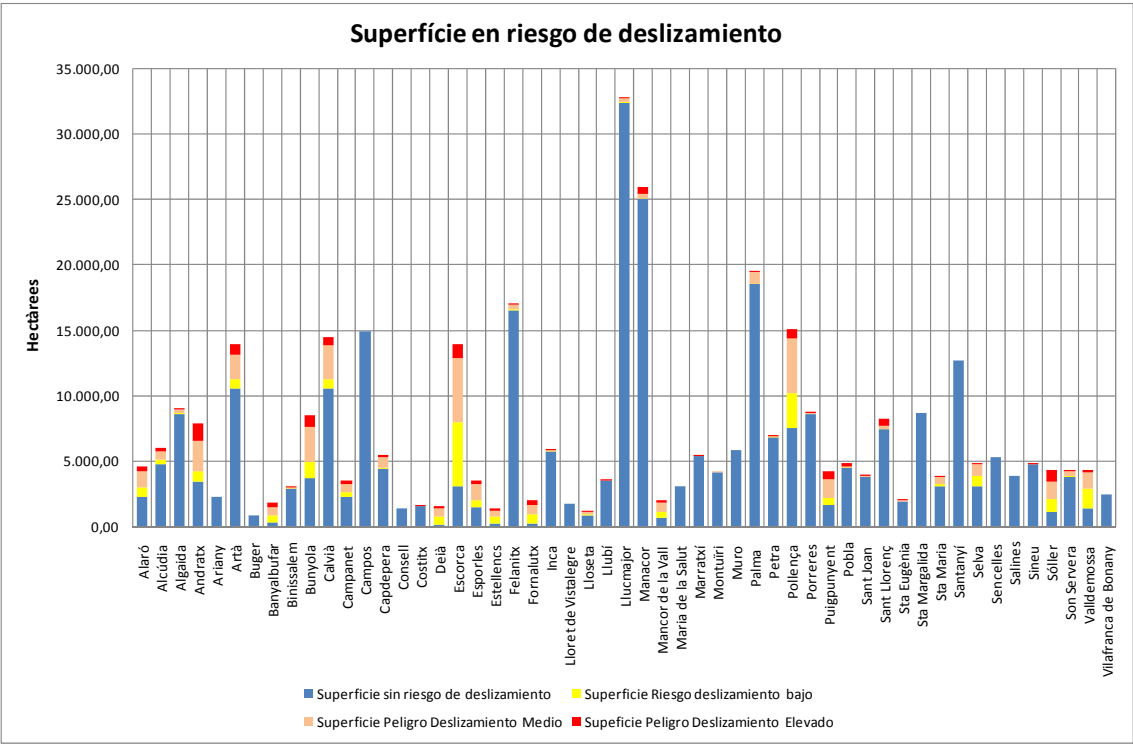


Figura 4.25. Exposición Territorial Peligro Deslizamiento. Distribución municipal

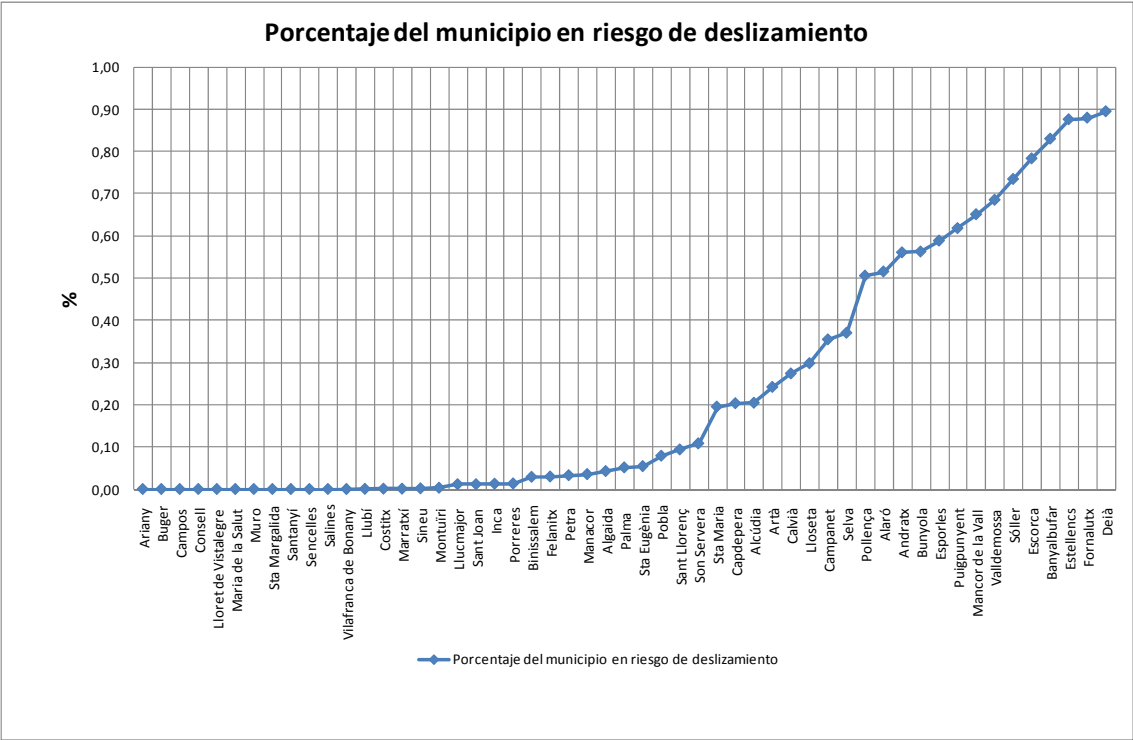


Figura 4.26. Exposición Territorial Peligro de deslizamiento . Frecuencias

La figura 4.24 (b,c) (mapas 11 y 12 del anexo cartográfico) muestran la exposición territorial al peligro de deslizamientos en retículas de 5x5 Km. y 1x1 Km. respectivamente. Se confirma la relación entre el peligro de deslizamiento y las pendientes por lo que se establece una correspondencia entre la topografía y este tipo de peligro. De esta forma la Serra de Tramuntana y las Serres de Llevant de Mallorca son las que presentan mayores superficies de territorio expuesto (Anexo Estadístico)

4.3.1.3. Territorio Expuesto peligro de incendio forestal

El incendio forestal es un peligro natural por las consecuencias que sobre todo tiene sobre el medio natural, pero su origen no siempre es debido a un factor natural sino que en la mayor parte de los casos se debe a la acción humana. Los incendios originados por causas naturales son un factor clave en la regulación de la biodiversidad de algunas comunidades naturales y no siempre son un episodio negativo desde el punto de vista ecológico (AYALA-CARCEDO & CUBILLO-NIELSEN, 2002) entre otras ventajas de los incendios en las comunidades vegetales destacamos las siguientes:

- Reducción de combustible natural frente a futuros incendios.
- Generación de nutrientes en la superficie del suelo.
- Mejora las condiciones de competencia en el ecosistema forestal al eliminar el sotobosque.
- Estimula la floración de algunas especies.
- Propagación de las semillas de algunas especies (pirofíticas).
- Estimulación germinación, etc.
- Eliminación de especies invasoras no autóctonas
- Mantenimiento del bosque en buen estado fitosanitario

La acción humana ha provocado un incremento del número e intensidad de los incendios respecto a la dinámica natural que provoca efectos nefastos sobre los ecosistemas naturales.

Según datos extraídos del proyecto Corine Land Cover, Mallorca con 25 % de su territorio ocupado por masas forestales y un 58% de zonas agrícolas que combinan áreas de matorral y olivar vulnerables a padecer incendios forestales. (Tabla 4.9) (Figura 4.13).

El Tercer Inventario Forestal establece que el *Pinus halepensis* y el *Quercus Ilex* son las especies arbóreas principales de las masas forestales de Mallorca. Dichas especies son muy vulnerables frente a los incendios forestales.

Los incendios forestales en la isla de Mallorca constituyen un peligro territorial de primer orden que afecta tanto a las comunidades vegetales como a las actividades humanas que se desarrollan en las zonas naturales. Asimismo, la pérdida de patrimonio natural provocada por los incendios

puede tener una incidencia negativa sobre la vocación turística de la isla cuyos principales atractivos se encuentran sus espacios forestales naturales.

OCUPACIÓN DEL SUELO		
Superficies Agua	Hectáreas	419,75
	% Isla	0,12
	% Total Baleares	0,08
Superficies Artificiales	Hectáreas	22.296,35
	% Isla	6,12
	% Total Baleares	4,45
Zonas agrícolas	Hectáreas	214.868,39
	% Isla	58,94
	% Total Baleares	42,91
Zonas Forestales	Hectáreas	124.818,39
	% Isla	34,24
	% Total Baleares	24,93
Zonas Húmedas	Hectáreas	2.140,27
	% Isla	0,59
	% Total Baleares	0,43

Tabla 4.9. Ocupación del suelo en la isla de Mallorca.

Fuente: Corine Land Cover 2006.

El mapa de peligro de incendios utilizado de base es el de Peligro de Incendio del III Plan General de Defensa contra Incendios Forestales de las Islas Baleares, aprobado por Acuerdo del Consejo de Gobierno el día 22 de marzo de 2002 y publicado en el Boletín Oficial de las Islas Baleares de 11.07.2002 (Figura 4.27, mapa 13).

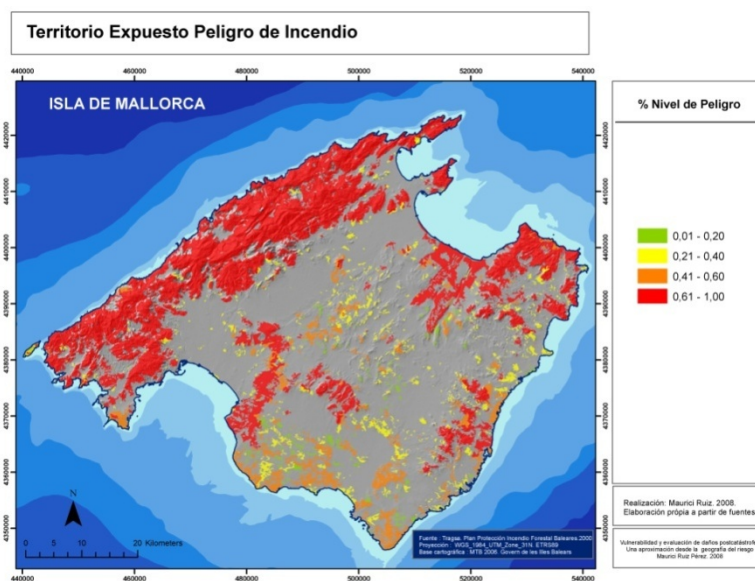


Figura 4.27. Exposición peligro de incendio
(Anexo cartográfico: mapa 13)

El modelo de distribución de la exposición municipal al peligro de incendio forestal parece seguir una pauta relacionada a la topografía, ya que la localización de las zonas de matorral, pinar y encinar que concentran el peligro suelen ubicarse en zonas con topografía significativa. Destacan significativamente los municipios la Serra de Tramuntana, como Escorca, Fornalutx y Banyalbufar superando el 80% de su territorio, o Andratx, Bunyola, Esporles, Estellencs, Puigpunyent, Pollença, Sóller y Valldemossa que superan el 65%. (Figuras 4.28, 4.29) (Tabla 4.10).

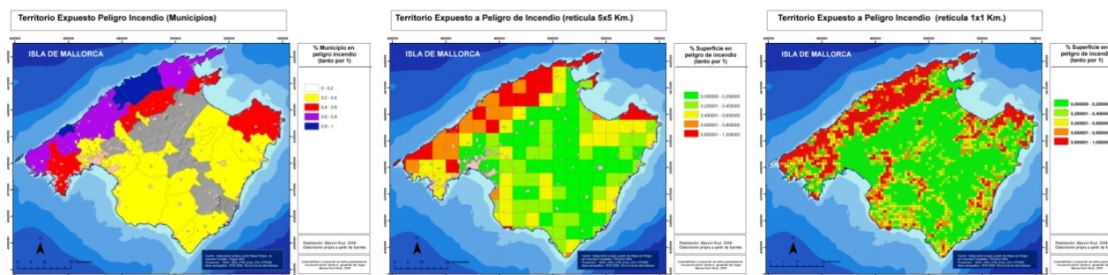


Figura 4.28. Mapas de Exposición peligro de deslizamiento
(Anexo cartográfico: Mapas 14,15,16)

También resulta significativo el peligro en el municipio de Artà en las Serras de Llevant con casi un 60% de su territorio expuesto. Los municipios menos expuestos son principalmente agrícolas situados en zonas planas como Binissalem, Consell, Llubí o Vilafranca. Destacan algunos municipios que, a pesar de no poseer zonas montañosas, poseen extensas áreas de matorrales (*ullastrars*) lo cual incrementa también su peligro, es el caso de Llucmajor. En general la exposición al peligro es bastante elevada para todo el territorio mallorquín.

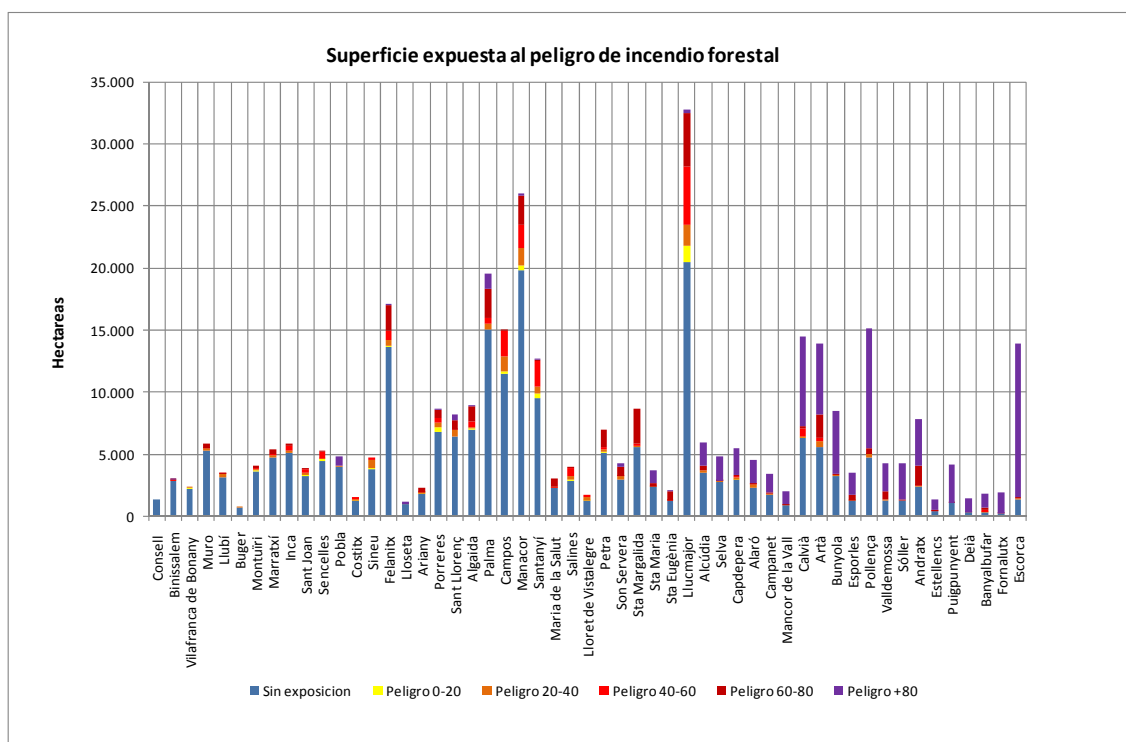


Figura 4.29. Exposición Territorial Peligro Incendio. Distribución municipal.

Municipio	Superficie Expuesta Peligro incendio	Porcentaje Municipio Expuesto	Porcentaje respecto al total de zonas expuestas	Municipio	Superficie Expuesta Peligro incendio	Porcentaje Municipio Expuesto	Porcentaje respecto al total de zonas expuestas
Alaró	2.212,21	48,42	1,64	Manacor	6.137,63	23,61	4,55
Alcúdia	2.424,45	40,50	1,80	Mancor de la Vall	1.098,50	55,27	0,81
Algaida	1.976,90	22,04	1,47	Maria de la Salut	758,25	24,87	0,56
Andratx	5.478,29	69,62	4,06	Marratxí	645,95	11,92	0,48
Ariany	470,78	20,49	0,35	Montuïri	477,70	11,62	0,35
Artà	8.362,15	59,89	6,20	Muro	513,15	8,76	0,38
Buger	80,08	9,67	0,06	Palma	4.517,50	23,13	3,35
Banyalbufar	1.478,83	81,96	1,10	Petra	1.852,21	26,41	1,37
Binissalem	78,85	2,65	0,06	Pollença	10.400,81	68,75	7,71
Bunyola	5.242,51	61,94	3,89	Porreres	1.836,92	21,15	1,36
Calvià	8.168,55	56,44	6,06	Puigpunyent	3.175,92	75,11	2,35
Campanet	1.732,47	50,04	1,28	Pobla	811,53	16,71	0,60
Campos	3.498,09	23,40	2,59	Sant Joan	561,06	14,57	0,42
Capdepera	2.505,57	45,63	1,86	Sant Llorenç	1.782,07	21,74	1,32
Consell	0,00	0,00	0,00	Sta Eugènia	740,02	36,58	0,55
Costitx	274,76	17,90	0,20	Sta Margalida	3.061,72	35,41	2,27
Deià	1.178,57	77,95	0,87	Sta Maria	1.348,72	35,88	1,00
Escorca	12.517,96	89,84	9,28	Santanyí	3.105,75	24,55	2,30
Esporles	2.263,29	64,18	1,68	Selva	2.084,51	42,80	1,55
Estellencs	944,17	70,51	0,70	Sencelles	778,72	14,74	0,58
Felanitx	3.386,26	19,85	2,51	Salines	976,86	25,09	0,72
Fornalutx	1.711,32	87,83	1,27	Sineu	917,34	19,23	0,68
Inca	726,01	12,45	0,54	Sóller	2.962,16	69,35	2,20
Lloret de Vistalegre	456,88	26,22	0,34	Son Servera	1.276,26	29,99	0,95
Lloseta	245,67	20,32	0,18	Valldemossa	2.965,40	69,23	2,20
Llubí	316,24	9,06	0,23	Vilafranca de Bonany	132,73	5,54	0,10
Llucmajor	12.254,21	37,38	9,08				

Tabla 4.10. Territorio Expuesto Peligro de Incendios. Nivel Municipal.

El valor medio de exposición se sitúa entorno al 36% y existe una gran variabilidad entre los municipios (desviación típica 24%) (Tabla 4.11).

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
% de superficie municipal con peligro de incendio	53	,000	89,8	36,569	2,46041
N válido (según lista)	53				

Tabla 4.11. Estadísticos descriptivos superficie municipal expuesta al peligro de incendios.

Los mapas 15 y 16 presentan el territorio expuesto a incendios forestales en retículas de 5x5 Km. y 1x1 Km. En este caso el modelo de distribución reproduce en gran medida la localización de los tipos de ocupación del suelo de vegetación natural más ignífugos (áreas forestales arbóreas y matorrales, así como áreas de olivar). Además de las zonas forestales situadas en las Serras de Tramuntana y las Serres de Llevant, destacan significativamente zonas costeras que cuentan con bosques y matorral, así como un mosaico disperso de zonas del interior de la isla que presentan zonas naturales.

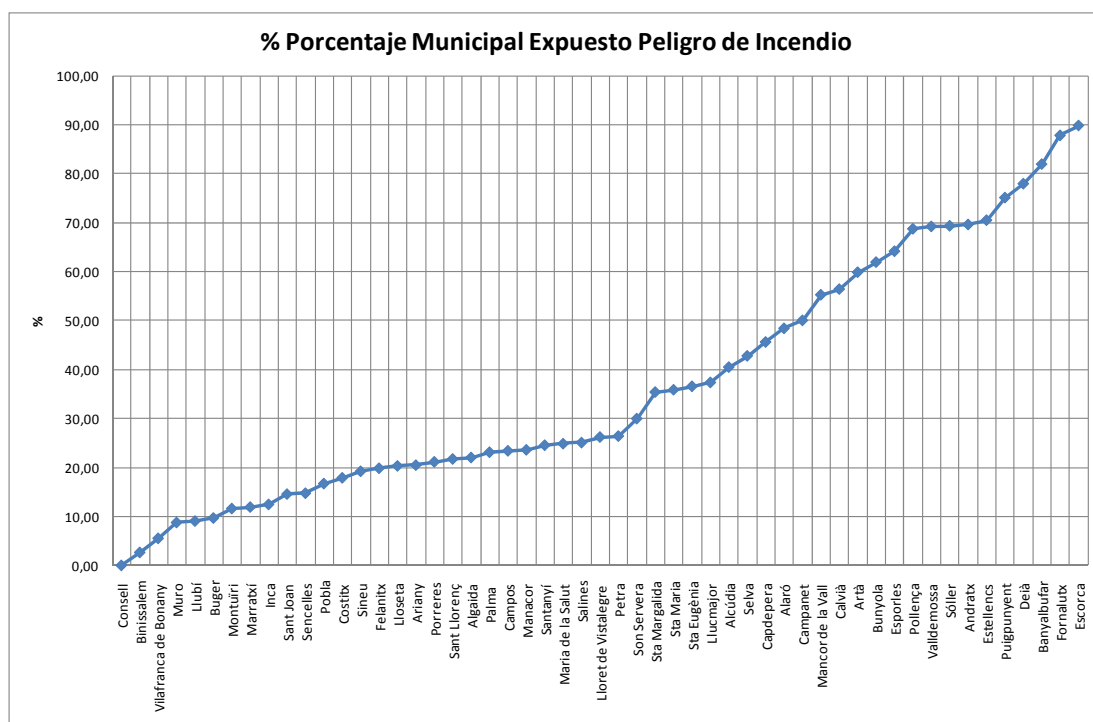


Figura 4.30. Exposición Territorial Peligro de incendio forestal. Frecuencias

4.3.1.4. Territorio Expuesto peligro sísmico

El mapa de peligro sísmico utilizado ha sido el realizado por la Dirección General de Emergencias de la Conselleria de Interior y Función Pública del Govern de les Illes Balears y empleado para la redacción del Plan especial frente al riesgo Sísmico (Decreto 39/2005, de 22 de abril, BOIB (Figura 4.31)).

La sismicidad en Mallorca no es significativamente importante. No se tiene constancia de terremotos de intensidad superiores a VIII (Escala MSK **Medvedev-Sponheuer-Karnik**.) y en la época instrumental solo se han registrados sismos de magnitud superior a 4,5 M (Richter) en las zonas marítimas, pero en las isla no han superado nunca la magnitud 3,5 M (Richter) (CAIB, 2005).

Todo el territorio de la isla de Mallorca se encuentra expuesto al peligro sísmico en mayor o menor grado. Los aspectos estructurales del territorio relativos a su litología y tectónica provocarán cambios en la magnitud del peligro.

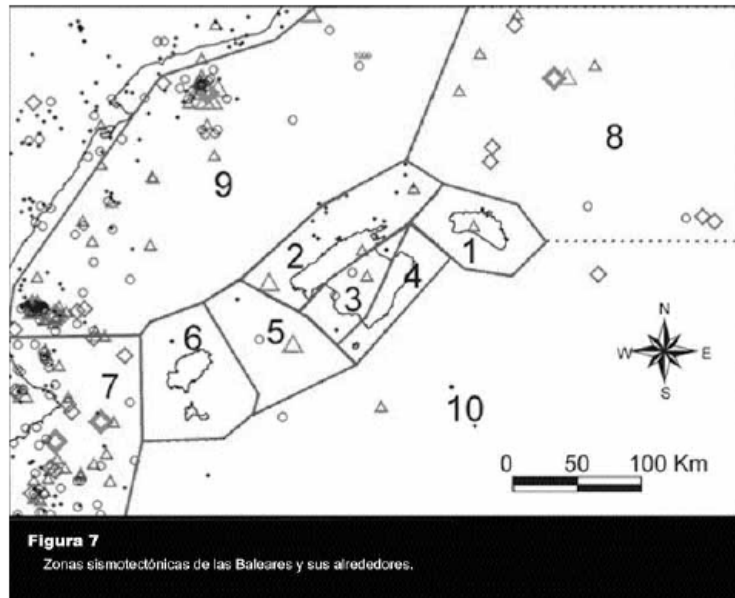


Figura 4.31. Zonas sismotectónicas de Baleares
Fuente : (Govern de les Illes Balears, GEOBAL, 2005)

El mapa de zonas sismotectónica de Baleares identifica tres zonas en la isla de Mallorca :

Zona 2: Serra de Tramuntana y su plataforma marina. En esta área se han localizado en tiempos recientes sismos de pequeña magnitud que denotan una cierta actividad tectónica. El sismo de 1925 localizado al sur de Dragonera podría pertenecer a esta zona. Los sismos de esta zona están claramente asociados a fallas NE-SO que delimitan la Sierra de Tramuntana y su plataforma marina.

Cabe destacar que en la vertiente occidental de la Sierra de Tramuntana se han descrito diversos deslizamientos de grandes bloques que pueden relacionarse con estas fallas. Aun así, el catálogo sísmico indica que no se ha producido ningún sismo importante en el área, aunque esta falta de información puede deberse a la poca población del área.

Zona 3: Zona central de Mallorca. Esta zona comprende las cubetas neógenas de Mallorca y las Sierras Centrales. En ella se han producido los mayores sismos conocidos en las Baleares, superándose la intensidad V en un mínimo de 4 ocasiones en el siglo XIX. La sismicidad de esta zona está asociada a las fallas NE-SO que limitan los bloques levantados y hundidos descritos en el apartado de geología. Cabe destacar que todas las manifestaciones termales de Mallorca se localizan en esta zona y se asocian a fallas con direcciones NE-SO y NO-SE.

Zona 4 Levante de Mallorca. No se tiene constancia de ningún sismo en épocas históricas ni en la época instrumental que se localice en esta área. Los únicos sismos que han notado en esta zona provienen del norte de África o del centro de la Isla.

(Govern de les Illes Balears, GEOBAL, 2005)

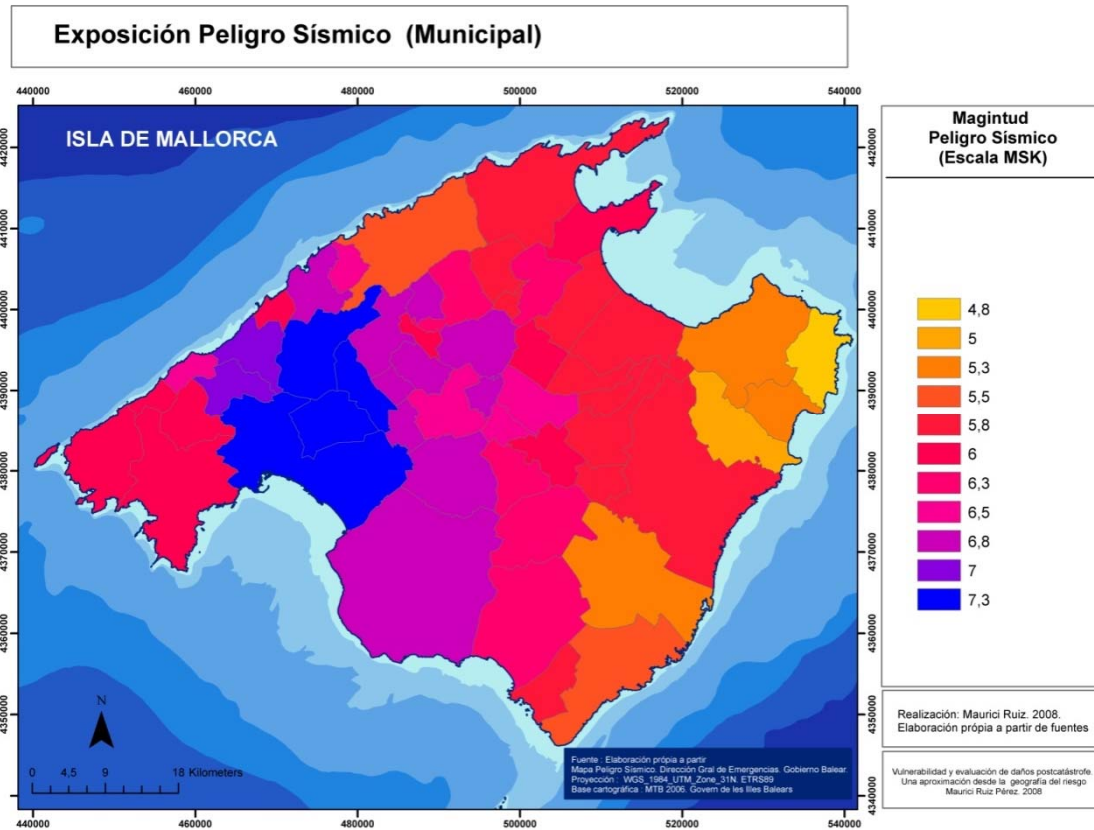


Figura 4.32. Exposición peligro de sísmico (CAIB, 2005)
(Anexo cartográfico: Mapa 17)

En esta investigación vamos a considerar todo el territorio de Mallorca expuesto al peligro sísmico de forma global a pesar de que se pueden dar variaciones significativas en cuanto a su intensidad.

4.3.1.5. Territorio Expuesto

A partir de los mapas de exposición territorial a los diversos peligros naturales considerados (inundación, deslizamiento, incendio forestal, terremoto) se ha obtenido el mapa de *Territorio Expuesto*. Se trata de un mapa cuantitativo que asigna un valor porcentual a cada ámbito territorial (municipio, píxel 5x5 Km., píxel 1x1 Km.) que representa el nivel de exposición acumulado. Un municipio expuesto totalmente a los peligros naturales considerados adquiriría un valor de 100% de exposición.

Para el cálculo del Territorio Expuesto en cada ámbito territorial se ha utilizado la siguiente expresión matemática:

Territorio Expuesto = 0,25 * % Exposición Territorial al peligro inundación + 0,25 % Exposición Territorial al peligro de deslizamiento + 0,25 * % Exposición Territorial al peligro de incendio + 0,25 * % Exposición Territorial al peligro de terremoto

El modelo de integración cartográfica ponderal asigna un peso similar a cada una de las exposiciones consideradas (0,25). Mayor porcentaje de *Territorio Expuesto* equivale a una mayor probabilidad de afectación a padecer un evento catastrófico, independientemente de su intensidad.

Con objeto de valorar en detalle el territorio expuesto se ha realizado un análisis cartográfico de integración cartográfica identificando ocho tipos de zonas:

- Nivel 0. Zonas con peligro sísmico
- Nivel 1. Zonas con peligro de inundación y sísmico
- Nivel 2. Zonas con peligro de deslizamiento y sísmico
- Nivel 3. Zonas con peligro de incendio y sísmico
- Nivel 4. Zonas con peligro de inundación, deslizamiento y sísmico.
- Nivel 5. zonas con peligro de inundación, incendio y sísmico
- Nivel 6. Zonas con peligro de deslizamiento, incendio y sísmico
- Nivel 7. Zonas con peligro de inundación, deslizamiento, incendio y sísmico.

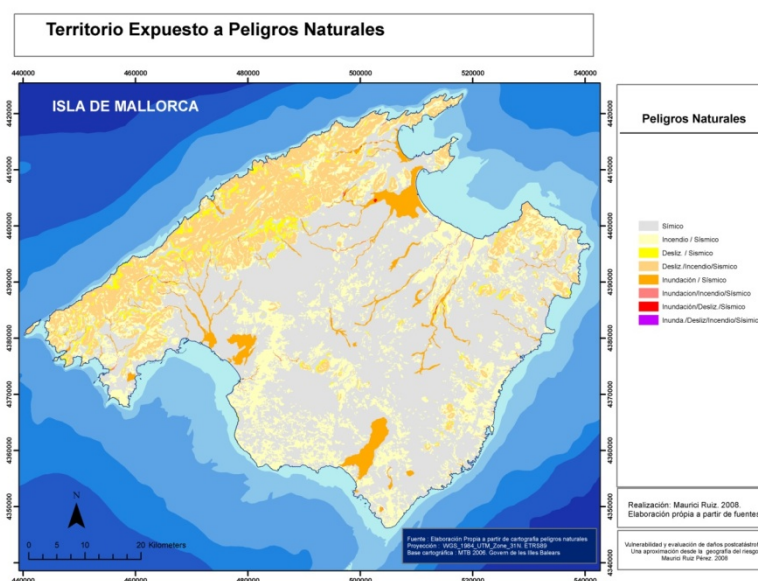


Figura 4.33. Territorio Expuesto a Peligros Naturales
(Anexo cartográfico: Mapa 18)

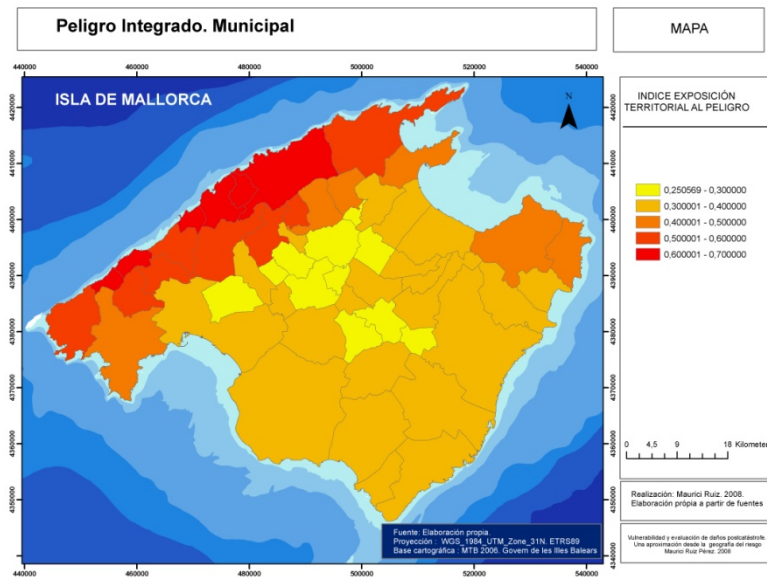


Figura 4.34. Peligro Integrado a nivel Municipal
(Anexo cartográfico: Mapa 19)

Se ha realizado un análisis de correlación entre los distintos niveles de exposición evidenciándose una estrecha relación entre la exposición a deslizamientos y a incendios forestales (Coeficiente Pearson 0,918) hecho que prueba la dependencia del factor topográfico de ambos peligros. Asimismo, se puede observar también que dicha relación se arrastra en el cálculo del territorio expuesto (EXP_TOT) que alcanza niveles muy elevados de correlación con la exposición al peligro de deslizamiento y el peligro de incendio. (Tabla 4.12.)

Correlaciones						
		P_INUN	P_DESLIZ	PINC	PSIS	EXP_TOT
P_INUN	Correlación de Pearson	1	-,281*	-,320*	. ^a	-,191
	Sig. (bilateral)		,042	,020	.	,171
	N	53	53	53	53	53
P_DESLIZ	Correlación de Pearson	-,281*	1	,919**	. ^a	,979**
	Sig. (bilateral)	,042		,000	.	,000
	N	53	53	53	53	53
PINC	Correlación de Pearson	-,320*	,919**	1	. ^a	,966**
	Sig. (bilateral)	,020	,000		.	,000
	N	53	53	53	53	53
PSIS	Correlación de Pearson	. ^a	. ^a	. ^a	. ^a	. ^a
	Sig. (bilateral)
	N	53	53	53	53	53
EXP_TOT	Correlación de Pearson	-,191	,979**	,966**	. ^a	1
	Sig. (bilateral)	,171	,000	,000	.	
	N	53	53	53	53	53

Tabla 4.12. Correlación entre la exposición a los peligros naturales

Dicho análisis de correlación también evidencia la independencia de la exposición al peligro de inundación.

Los municipios de Mallorca están expuestos moderadamente a los peligros naturales de inundación, deslizamiento, incendio forestal y terremoto. El valor medio es de un 40% de territorio expuesto a uno o más peligros. Cuando un 100% supondría una exposición máxima a los cuatro peligros naturales. (Figura 4.34.). Sin embargo, hay que considerar que todos ellos parten de un valor fijo del 25% derivado de su exposición al peligro sísmico.

MUNICIPIO	Superficie Total	Superficie peligro de inundación	Porcentaje municipio peligro inundación	Superficie peligro deslizamiento	Porcentaje municipio peligro deslizamiento	Superficie peligro incendio	Porcentaje municipio o riesgo de incendio	Superficie peligro sísmico	Porcentaje municipio peligro sísmico	Exposición Total
Alaró	4.568,51	69,49	1,52	2.352,65	51,50	2.212,21	48,42	4.568,51	100,00	50,36
Alcúdia	5.985,96	634,93	10,61	1.221,64	20,41	2.424,45	40,50	5.984,50	100,00	42,88
Algaida	8.970,24	132,49	1,48	381,71	4,26	1.976,90	22,04	8.970,24	100,00	31,94
Andratx	7.868,59	153,16	1,95	4.408,18	56,02	5.478,29	69,62	7.866,57	100,00	56,90
Ariany	2.298,17	230,60	10,03	0,00	0,00	470,78	20,49	2.298,17	100,00	32,63
Artà	13.963,20	209,84	1,50	3.372,66	24,15	8.362,15	59,89	13.962,14	100,00	46,39
Buger	827,86	71,45	8,63	0,00	0,00	80,08	9,67	827,86	100,00	29,58
Banyalbufar	1.804,30	0,00	0,00	1.496,34	82,93	1.478,83	81,96	1.803,92	100,00	66,22
Binissalem	2.975,12	0,00	0,00	85,94	2,89	78,85	2,65	2.975,12	100,00	26,38
Bunyola	8.463,34	117,29	1,39	4.757,89	56,22	5.242,51	61,94	8.463,34	100,00	54,89
Calvià	14.473,90	389,53	2,69	3.959,93	27,36	8.168,55	56,44	14.459,34	100,00	46,62
Campanet	3.462,51	206,35	5,96	1.226,36	35,42	1.732,47	50,04	3.462,51	100,00	47,85
Campos	14.948,91	3.015,31	20,17	0,00	0,00	3.498,09	23,40	14.948,56	100,00	35,89
Capdepera	5.491,57	145,54	2,65	1.116,08	20,32	2.505,57	45,63	5.489,88	100,00	42,15
Consell	1.368,88	3,12	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	1.368,88	100,00	25,06
Costitx	1.535,35	0,00	0,00	1,00	0,07	274,76	17,90	1.535,35	100,00	29,49
Deià	1.511,86	0,00	0,00	1.352,00	89,43	1.178,57	77,95	1.511,48	100,00	66,85
Escorca	13.933,36	14,23	0,10	10.904,99	78,27	12.517,96	89,84	13.932,00	100,00	67,05
Esporles	3.526,72	114,10	3,24	2.073,99	58,81	2.263,29	64,18	3.526,72	100,00	56,55
Estellencs	1.339,14	0,00	0,00	1.172,14	87,53	944,17	70,51	1.338,86	100,00	64,51
Felanitx	17.059,96	123,72	0,73	507,01	2,97	3.386,26	19,85	17.059,14	100,00	30,89
Fornalutx	1.948,53	0,00	0,00	1.712,69	87,90	1.711,32	87,83	1.948,50	100,00	68,93
Inca	5.829,24	155,26	2,66	74,00	1,27	726,01	12,45	5.829,24	100,00	29,10
Lloret de Vistalegre	1.742,72	3,57	0,20	0,00	0,00	456,88	26,22	1.742,72	100,00	31,61
Lloseta	1.208,72	90,84	7,51	359,98	29,78	245,67	20,32	1.208,72	100,00	39,41
Llubi	3.489,77	150,84	4,32	1,00	0,03	316,24	9,06	3.489,77	100,00	28,35
Llucmajor	32.785,67	130,74	0,40	372,15	1,14	12.254,21	37,38	32.784,26	100,00	34,73
Manacor	26.000,47	680,97	2,62	917,96	3,53	6.137,63	23,61	25.999,22	100,00	32,44
Mancor de la Vall	1.987,45	50,87	2,56	1.292,49	65,03	1.098,50	55,27	1.987,45	100,00	55,72
Maria de la Salut	3.049,36	211,48	6,94	0,00	0,00	758,25	24,87	3.049,36	100,00	32,95
Marratxí	5.417,59	297,86	5,50	4,00	0,07	645,95	11,92	5.417,59	100,00	29,37
Montuïri	4.109,54	186,69	4,54	11,76	0,29	477,70	11,62	4.109,54	100,00	29,11
Muro	5.854,96	2.029,49	34,66	0,00	0,00	513,15	8,76	5.854,59	100,00	35,86
Palma	19.535,06	2.624,24	13,43	1.002,37	5,13	4.517,50	23,13	19.532,46	100,00	35,42
Petra	7.012,81	322,42	4,60	229,51	3,27	1.852,21	26,41	7.012,81	100,00	33,57
Pollença	15.129,00	585,49	3,87	7.642,18	50,51	10.400,81	68,75	15.125,64	100,00	55,78
Porreres	8.684,40	0,00	0,00	113,65	1,31	1.836,92	21,15	8.684,40	100,00	30,62
Puigpunyent	4.228,17	64,84	1,53	2.610,76	61,75	3.175,92	75,11	4.228,17	100,00	59,60

Pobla	4.855,37	1.159,22	23,87	382,62	7,88	811,53	16,71	4.855,37	100,00	37,12
Sant Joan	3.850,55	78,53	2,04	44,31	1,15	561,06	14,57	3.850,55	100,00	29,44
Sant Llorenç	8.198,43	128,43	1,57	768,67	9,38	1.782,07	21,74	8.198,03	100,00	33,17
Sta Eugènia	2.023,28	0,00	0,00	109,45	5,41	740,02	36,58	2.023,28	100,00	35,50
Sta Margalida	8.646,31	337,61	3,90	0,00	0,00	3.061,72	35,41	8.645,84	100,00	34,83
Sta Maria	3.759,13	7,19	0,19	733,12	19,50	1.348,72	35,88	3.759,13	100,00	38,89
Santanyí	12.652,15	180,42	1,43	0,00	0,00	3.105,75	24,55	12.650,45	100,00	31,49
Selva	4.870,86	134,97	2,77	1.801,45	36,98	2.084,51	42,80	4.870,86	100,00	45,64
Sencelles	5.281,60	11,92	0,23	0,00	0,00	778,72	14,74	5.281,60	100,00	28,74
Salines	3.893,57	169,62	4,36	0,00	0,00	976,86	25,09	3.893,18	100,00	32,36
Sineu	4.769,80	247,14	5,18	7,86	0,16	917,34	19,23	4.769,80	100,00	31,14
Sóller	4.271,16	132,58	3,10	3.134,25	73,38	2.962,16	69,35	4.270,69	100,00	61,46
Son Servera	4.255,99	67,75	1,59	460,33	10,82	1.276,26	29,99	4.255,62	100,00	35,60
Valldemossa	4.283,41	52,22	1,22	2.932,53	68,46	2.965,40	69,23	4.283,09	100,00	59,73
Vilafranca de Bonany	2.394,13	126,98	5,30	0,00	0,00	132,73	5,54	2.394,13	100,00	27,71

Tabla 4.13. Territorio expuesto.

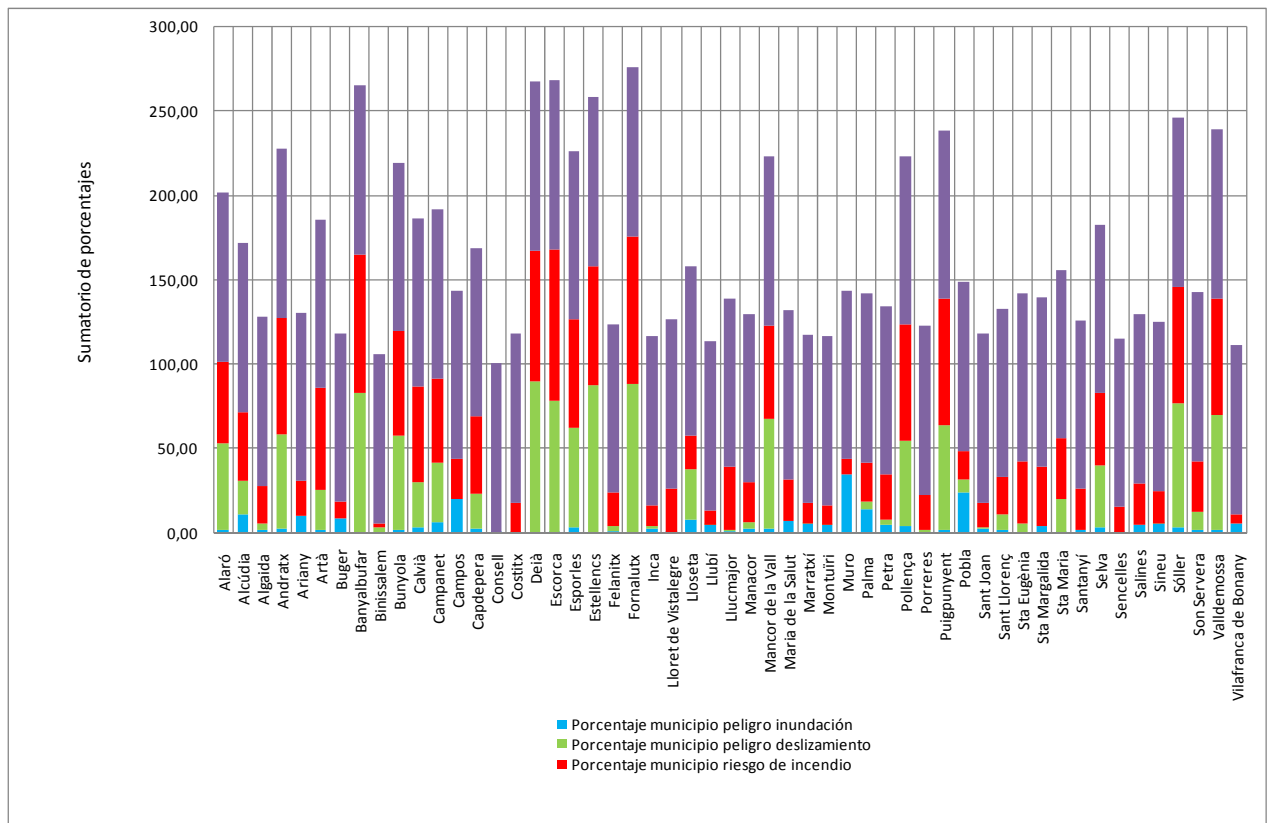


Figura 4.35. Territorio Expuesto. Sumatorio porcentajes municipales

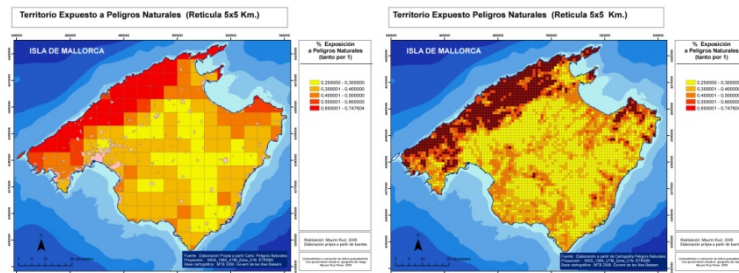


Figura 4.36. Exposición integrada
(Anexo cartográfico: Mapas 20, 21)

Entre los municipios con mayor nivel de Territorio Expuesto están al frente una gran parte de municipios de la Serra de Tramuntana por el hecho de acumular peligros de deslizamiento e incendios (Fornalutx, Escorca, Deià, Banyalbufar, Estellencs, Sóller, Valldemossa, Puigpunyent...). En segundo término destacan los municipios de Artà y Capdepera al Noroeste de de la Isla. En los cuales coinciden también los peligros de deslizamiento e incendios en las Serres de Llevant. Las áreas menos expuestas se localizan en el Raiguer y Pla de Mallorca (Binissalem, Consell, Llubí, Montuiri,) (Figura 4.37).

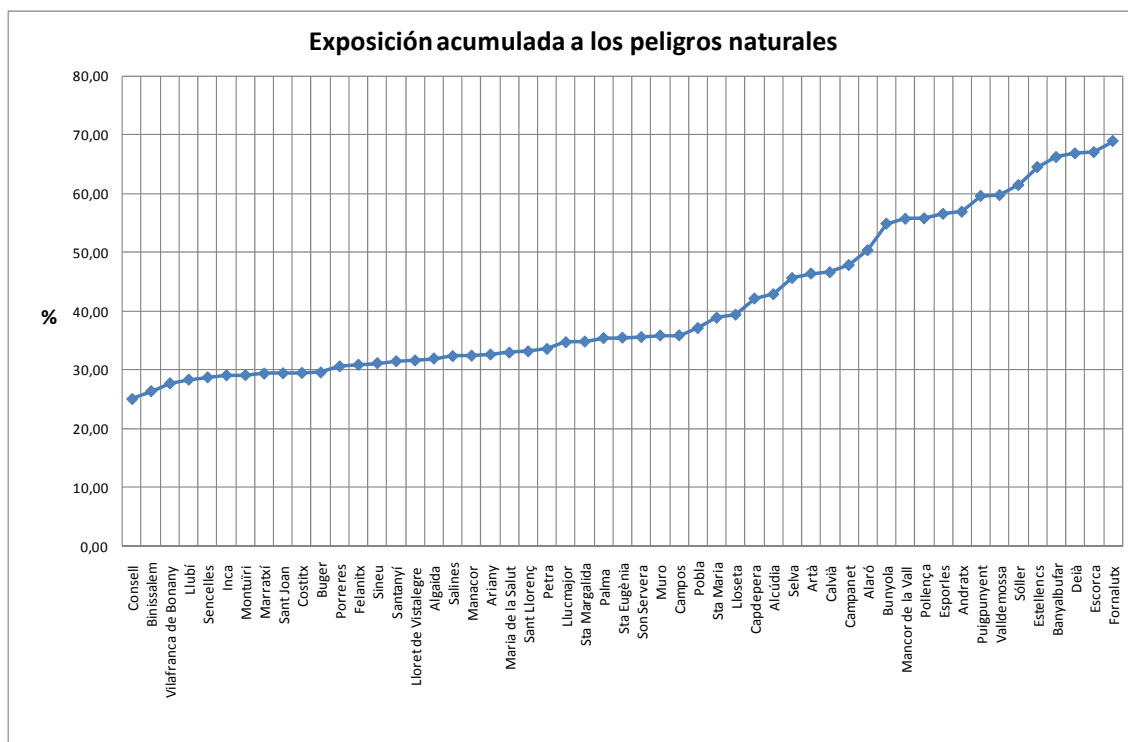


Figura 4.37. Territorio Expuesto por municipio. Gráfico.

Los mapas 20 y 21 del Anexo Cartográfico representan el territorio expuesto en retículas de 5x5 Km y 1x1 Km. En las unidades de 5x5 Km., el 42 % de las retículas están expuestas a uno o más peligros. Las retículas con mayor exposición alcanzan el 74% de su territorio expuesto por uno o más peligros (Tabla 4.14).

	N	Minimo	Maximo	Media	Desviación Estándar	Varianza
Inundación	193,000	0,000	0,689	0,040	0,091	0,008
Deslizamiento	193,000	0,000	0,995	0,229	0,321	0,103
Incendio	193,000	0,000	0,995	0,426	0,305	0,093
Territorio Expuesto Total	193,000	0,250	0,748	0,424	0,142	0,020

Tabla 4.14. Estadísticos de retículas 5x5 Km.

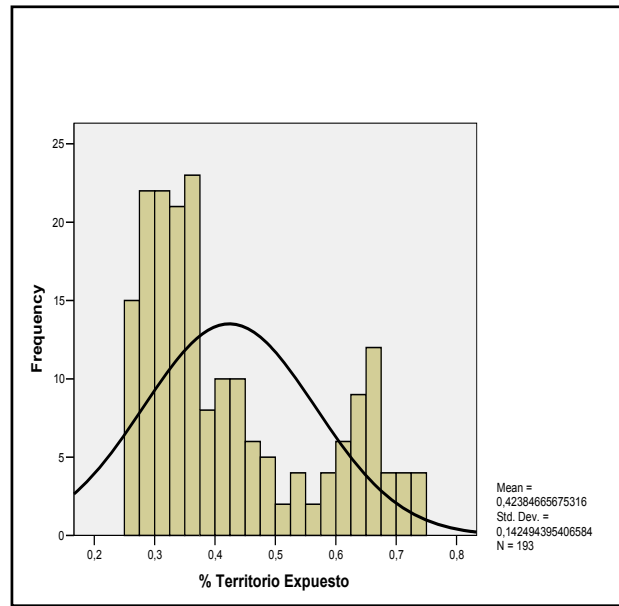


Figura 4.38. Estadísticos de retículas 5x5 Km.

La media de retículas de 1x1 Km. expuestas a algún tipo de peligro es del 40,5 % siendo la desviación estándar del orden del 15% (Tabla 4.15)

	N	Minimo	Maximo	Media	Desviación Estándar	Varianza
Inundación	3889,000	0,000	1,000	0,043	0,144	0,021
Deslizamiento	3889,000	0,000	1,000	0,194	0,325	0,105
Incendio	3889,000	0,000	1,000	0,384	0,366	0,134
Territorio Expuesto Total	3889,000	0,250	0,750	0,405	0,155	0,024

Tabla 4.15. Estadísticos de retículas 1x1 Km.

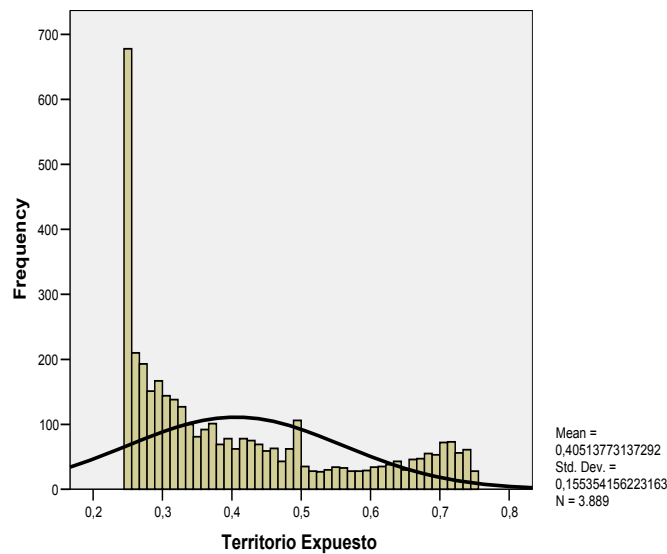


Figura 4.39. Estadísticos de retículas 1x1 Km.

El Índice de Exposición a Peligros Naturales (IEPN) proporciona un valor numérico a cada unidad geográfica que representa el número de peligros a los que se encuentra sometida (Figura 4.40).

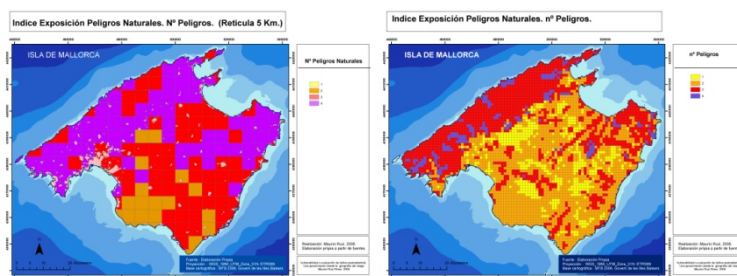


Figura 4.40. Índice Exposición Peligros Naturales
(Anexo cartográfico: Mapas 22,23)

Los mapas de IEPN de Mallorca para retículas de 5x5 Km y 1x1 Km resaltan las zonas de la Serra de Tramunta y las Serres de Llevant que concentran valores de 3 y 4 debido principalmente a la coincidencia del peligro de deslizamiento y de incendio. En las zonas del Pla de Mallorca aparece un mosaico de áreas con índices 1,2 apareciendo puntualmente zonas de índices elevados coincidiendo con zonas inundables.

La tabla 4.16., representa la distribución territorial del IEPT. Se observa que un 13% del territorio está expuesto solo a un peligro, un 42,2 % a dos peligros, un 39,3 % a tres peligros y un 5% a los cuatro peligros considerados.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
1 Peligro	510	13,113911	13,113911
2 Peligros	1642	42,2216508	55,3355618
3 Peligros	1529	39,3160195	94,6515814
4 Peligros	208	5,34841862	100
Total	3889	100	

Tabla 4.16. Estadísticos de retículas 1x1 Km.

La tabla 4.17. representa la distribución por tipos de peligros, excluido el peligro sísmico. Observamos que en el 30% del territorio coincide el peligro de deslizamiento y de incendio y que el 14 % del territorio expuesto al peligro de incendio está también expuesto al de inundación (8,67+5,35).

Peligro Inundación								SI							
NO															
Peligro Deslizamiento								Peligro Deslizamiento							
NO				SI				NO				SI			
Peligro Incendio				Peligro Incendio				Peligro Incendio				Peligro Incendio			
NO				SI				NO				SI			
Count	Table N %	Count	Table N %	Count	Table N %	Count	Table N %	Count	Table N %	Count	Table N %	Count	Table N %	Count	Table N %
510,00	13,11	1339,00	34,43	16,00	0,41	1187,00	30,52	287,00	7,38	337,00	8,67	5,00	0,13	208,00	5,35

Tabla 4.17. Estadísticos de retículas 1x1 Km.

El modelo de distribución del Territorio Expuesto en Mallorca delata en general unos valores notables de exposición, un gran condicionamiento topográfico para los peligros de

deslizamientos e incendio.

Si calculamos el Valor Absoluto del **IEPN** para la isla de Mallorca obtenemos un valor de 0,5921 lo cual supone un valor medio/alto de nivel de exposición.

$$\text{Indice Territorio Expuesto} = [(\% \text{zonas 1 peligro} \times 1) + (\% \text{zonas 2 peligros} \times 2) + (\% \text{zonas 3 peligros} \times 3) + (\% \text{zonas 4 peligros} \times 4)] / n^{\circ} \text{Peligros} \times 100$$

$$\text{IEPN} = (13,11 \times 1 + 42,22 \times 2 + 39,31 \times 3 + 5,34 \times 4) / 4 \times 100$$

$$\text{IEPN} = (13,11 + 84,44 + 117,93 + 21,36) / 400 = 236,84 / 400 = 0,5921$$

4.3.1.6. Exposición territorial y nivel de peligro

Hasta el momento hemos evaluado la exposición territorial a los distintos peligros naturales considerados desde una perspectiva binaria : superficie territorio expuesto/superficie territorio no expuesto. Ello ha venido condicionado por nuestro interés de desarrollar un modelo simplificado de vulnerabilidad territorial y en parte a la indisponibilidad de cartografía cuantitativa de alguno de los peligros naturales considerados (pe. peligro de inundación).

A partir de la cartografía de peligros naturales existente: inundación, deslizamiento, incendio forestal y riesgo sísmico, se ha procedido a su integración mediante superposición utilizando un método de integración cuantitativo (normalización 1/100) para aquellos mapas para los que se dispone de información cuantitativa obteniendo una cartografía de síntesis del nivel de exposición de tipo cualitativo (Figura 4.41), pero que no será utilizado en el desarrollo del presente trabajo.

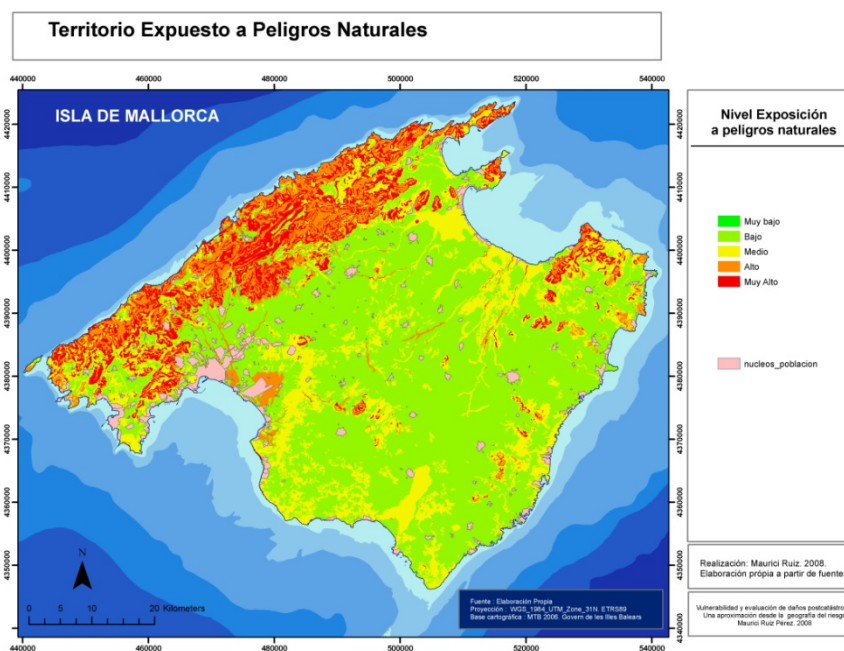


Figura 4.41. Mapas de Exposición integrada
(Anexo cartográfico: Mapa 24)

4.3.2. El valor territorial

Según el modelo de vulnerabilidad que proponemos, el valor del territorio en combinación con el territorio expuesto dará lugar a la exposición del territorio. Por ello, resulta necesario el conocimiento del valor territorial.

$$\textit{Exposición Territorial} = \textit{Territorio Expuesto} \times \textit{Valor del Territorio}$$

El valor del territorio es un factor multidimensional al integrar el coste de los diferentes factores territoriales. No es objetivo de este trabajo desarrollar un método preciso de cálculo del valor territorial sino proporcionar un sistema práctico de valoración del territorio que facilite la localización de las áreas que concentran recursos territoriales y ayuden la reducción de la vulnerabilidad frente a desastres naturales. En nuestro caso tendremos en cuenta los siguientes factores territoriales: la población, las infraestructuras, la ocupación del suelo (incluiremos las edificaciones y el valor del suelo rústico) y el medio natural. Las unidades en que se expresa el valor de cada componente territorial podrían ser diferentes (pe. personas, m² carreteras, etc.), pero para su integración será preciso unificarlas en unidades monetarias.

Para la valoración del territorio de Mallorca se ha contado con información procedente de diversas fuentes (censo de población -Instituto Nacional de Estadística-, encuesta de infraestructuras y equipamiento local -Consell de Mallorca-, cartografía del proyecto europeo Corine Land Cover -UE-, cartografía de base -Govern de les Illes Balears-), etc. que iremos describiendo en detalle en cada uno de los apartados.

4.3.2.1. Valor de la población en el territorio

Los daños provocados por un desastre natural sobre la población son los que poseen la mayor importancia y transcendencia social. El número de muertos, heridos y desaparecidos son los principales indicadores de las catástrofes y son la causa de que un siniestro pueda considerarse o no un desastre. Los territorios que concentran mayor población son a priori las zonas más vulnerables a padecer los efectos negativos de los fenómenos naturales adversos.

Para evaluar la población expuesta a un desastre natural se debe conocer que personas se encuentran en un determinado momento en una localización concreta y que podrían ser víctimas de un potencial siniestro. En este sentido, el lugar de residencia de la población y su movilidad debida a diversas causas (actividad laboral, actividad escolar/académica, actividad comercial, ocio, turismo, migraciones, etc) da lugar a un modelo de dinámico de distribución geográfica. Las fuentes de información sobre población: censos, padrones, etc son una buena base para su conocimiento, sin embargo, siempre habrá que considerar un factor de incertidumbre en su valoración.

Metodología

El procedimiento utilizado para el análisis de la distribución de la población de Mallorca ha sido diferente en función de las unidades geográficas evaluadas.

Unidad municipal

En primer lugar se obtiene la población para los municipios de a partir del Padrón de Habitantes de 2008 del Instituto Nacional de Estadística (Figura 4.42.). La información representa la población de derecho de los municipios por lo que no se ajusta adecuadamente a la realidad dinámica de la población en los municipios de Mallorca. El pequeño tamaño de la isla y el carácter turístico de una gran parte de municipios supone una gran variabilidad en la población municipal. Por ello, se ha considerado necesario corregir dicha población con la población vinculada, tal y como se entiende en el Censo del INE del 2001 (*“La población vinculada tiene como objetivo ser una aproximación a la población que realmente utiliza un determinado territorio a partir de su movilidad habitual desde su lugar de residencia al lugar de trabajo, estudio o de segunda residencia, y se define como «el conjunto de personas censables (es decir, con residencia habitual en España) que tienen algún tipo de vinculación habitual con el municipio en cuestión, ya sea porque residen allí, porque trabajan o estudian allí, o porque, no siendo su residencia habitual, suelen pasar allí ciertos periodos de tiempo (veraneos, puentes, fines de semana...)»*) (INE, 2001) así como también tener en cuenta la población turística derivada del número de plazas turísticas existentes en cada municipio.

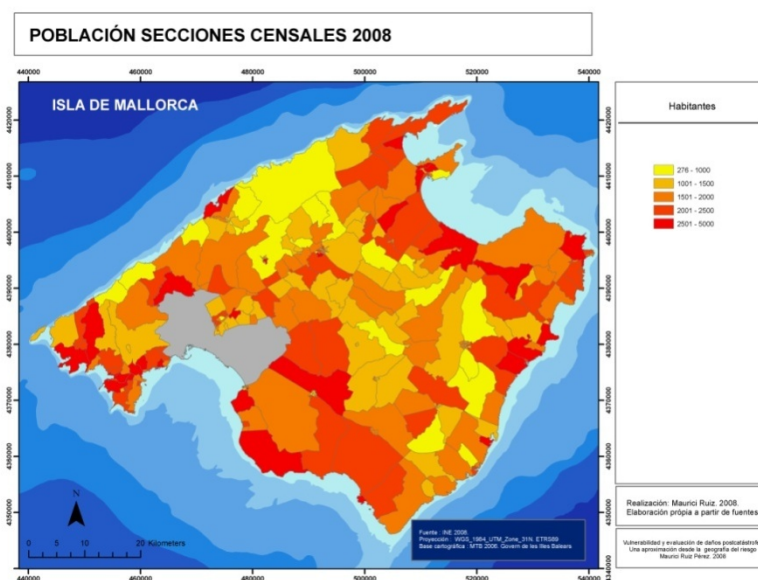


Figura 4.42. Población Secciones Censales 2008
(Anexo cartográfico: Mapa 25)

Para la corrección con la población vinculada se obtiene un coeficiente de corrección (porcentaje de población vinculada) según la siguiente expresión:

Coeficiente de población vinculada (CPV) = (Población vinculada – Población de derecho) / Población de derecho

La aplicación de dicho coeficiente sobre la población de derecho, se realiza según la expresión siguiente:

$$Población\ municipio = Población\ de\ derecho + Población\ de\ derecho * CPV$$

La incorporación de la población turística se realiza a partir de la consideración de las plazas turísticas por municipio. El número de plazas turísticas se obtiene del Instituto de Estadística de las Islas Baleares (IBESTAT, 2008) y se utiliza la información más actualizada del número de plazas hoteleras correspondientes al año 2005 que es la más actualizada y accesible en el momento de redacción de esta tesis..

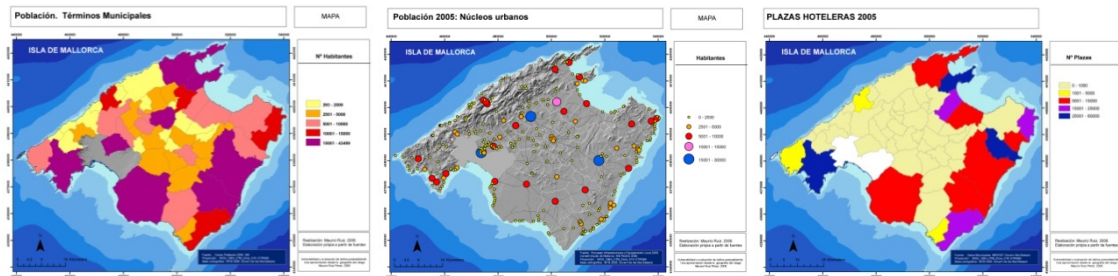


Figura 4.43. Población Distritos Censales 2008
(Anexo cartográfico: Mapas 26,27,28)

Puesto que tanto los datos de población vinculada, como el número de plazas turísticas a nivel municipal no se conoce con suficiente precisión para el año 2008 (por estar referido a 2001/2005) se ha creído oportuno desarrollar un modelo de simulación, en el que el porcentaje de población vinculada y el número de plazas turísticas se exprese mediante una función estadística de densidad de tipo triangular acotada. Para el cálculo de la población turística potencial se calcula un coeficiente de plazas turísticas obtenido a partir de la población residente del municipio. El valor mínimo se asimila a la población de derecho menos una variación del 20%, el valor medio vendría definido por la población de derecho y el valor máximo incluiría la población de derecho más la población vinculada y la población turística asimilada.

$$Población\ Total = RiskTriang(Min; Med; Max)$$

$$Min : Población\ Residente - 0.2 * Población\ Residente$$

$$Med: Población\ Residente$$

$$Max: Población\ Residente + Población\ Residente * Coef. Población\ vinculada + Población\ Residente * Coef. Plazas\ Turísticas$$

La tabla 4.18, presenta los datos de base tomados para el desarrollo de la simulación: población residente, población vinculada y plazas turísticas.

MUNICIPIO	Poblacion Residente (2001)	Poblacion Residente + Vinculada (2001)	% Pob. Vinculada (2001)	Plazas turísticas (2005)	Coef. Plazas Turísticas (Plazas Turísticas / Población 2005)
Alaró	4.050,00	4.649,00	0,15	99,00	0,019
Alcúdia	12.500,00	22.700,00	0,82	26.547,00	1,380
Algaida	3.749,00	5.253,00	0,40	89,00	0,018
Andratx	7.753,00	10.345,00	0,33	3.606,00	0,288
Ariany	766,00	931,00	0,22	0,00	0,000
Artà	6.176,00	7.445,00	0,21	796,00	0,091
Banyalbufar	517,00	1.138,00	1,20	231,00	0,368
Binissalem	5.166,00	6.123,00	0,19	33,00	0,005
Búger	950,00	1.156,00	0,22	12,00	0,011
Bunyola	5.029,00	6.208,00	0,23	173,00	0,029
Calvià	35.977,00	49.104,00	0,36	59.750,00	1,177
Campanet	2.309,00	2.811,00	0,22	95,00	0,037
Campos	6.360,00	10.017,00	0,58	253,00	0,027
Capdepera	8.239,00	10.011,00	0,22	18.751,00	0,767
Consell	2.407,00	3.023,00	0,26	0,00	0,000
Costitx	924,00	1.268,00	0,37	16,00	0,016
Deià	654,00	1.009,00	0,54	430,00	0,570
Escorca	257,00	535,00	1,08	0,00	0,000
Esporles	4.066,00	4.889,00	0,20	79,00	0,017
Estellencs	347,00	497,00	0,43	127,00	0,327
Felanitx	14.882,00	17.380,00	0,17	6.244,00	0,347
Fornalutx	618,00	717,00	0,16	100,00	0,137
Inca	23.029,00	26.844,00	0,17	36,00	0,001
Lloret de V	981,00	1.137,00	0,16	38,00	0,030
Lloseta	4.760,00	5.321,00	0,12	16,00	0,003
Llubí	1.806,00	2.253,00	0,25	26,00	0,012
Llucmajor	24.277,00	31.478,00	0,30	11.227,00	0,320
Manacor	31.255,00	35.421,00	0,13	14.569,00	0,350
Mancor de l	892,00	1.018,00	0,14	0,00	0,000
Maria de la	1.972,00	2.428,00	0,23	6,00	0,003
Marratxí	23.410,00	28.474,00	0,22	8,00	0,000
Montuïri	2.344,00	2.965,00	0,26	68,00	0,025
Muro	6.107,00	8.029,00	0,31	16.521,00	2,341
Petra	1.911,00	2.406,00	0,26	10,00	0,004
Pobla (Sa)	10.388,00	11.391,00	0,10	39,00	0,003
Pollença	13.808,00	16.591,00	0,20	7.446,00	0,438
Porreres	4.069,00	4.626,00	0,14	82,00	0,016
Puigpunyent	1.250,00	1.802,00	0,44	106,00	0,060
Salines (Se	3.389,00	6.399,00	0,89	3.935,00	0,545
Sant Joan	1.634,00	2.278,00	0,39	0,00	0,000
Sant Lloren	6.503,00	7.056,00	0,09	25.778,00	3,045
Santa Eugènia	1.224,00	1.674,00	0,37	10,00	0,006
Santa Margalida	7.800,00	12.326,00	0,58	12.975,00	0,898
Santa María	4.959,00	5.802,00	0,17	55,00	0,010
Santanyí	8.875,00	11.992,00	0,35	16.598,00	1,349
Selva	2.927,00	3.802,00	0,30	118,00	0,029

Sencelles	2.146,00	3.580,00	0,67	30,00	0,010
Sineu	2.736,00	3.396,00	0,24	46,00	0,014
Sóller	10.961,00	12.135,00	0,11	2.650,00	0,174
Son Servera	9.432,00	11.102,00	0,18	11.896,00	1,016
Valldemossa	1.708,00	2.423,00	0,42	123,00	0,062
Vilafranca	2.466,00	2.628,00	0,07	130,00	0,047

Tabla 4.18. Población municipal: residente, vinculada y turística.

A partir de los datos presentados en la tabla 4.18, utilizando el programa @RISK se realiza una simulación de tipo “*Latin Hypercurve*” de diez mil casos, obteniendo un modelo de distribución de la población específico para cada uno de los municipios de Mallorca. De esa forma se obtiene un valor máximo, mínimo y medio de población en cada municipio reflejado en la tabla 4.19.

Output		Statistics							(Max-Min)/Med
Name	Cell	Minimum	Mean	Maximum	x1	p1	x2	p2	
Alaró	M2	4.153,19	5.121,08	6.032,19	4.456,04	5%	5.755,89	95%	0,37
Alcúdia	M3	15.520,21	32.039,60	61.055,36	18.368,65	5%	51.614,93	95%	1,42
Algaida	M4	3.878,23	5.180,36	6.839,62	4.241,42	5%	6.301,62	95%	0,57
Andratx	M5	10.055,26	14.268,99	20.242,70	11.139,56	5%	18.290,88	95%	0,71
Ariany	M6	671,97	843,31	1.018,71	725,23	5%	963,59	95%	0,41
Artà	M7	7.058,98	9.072,37	11.363,07	7.651,75	5%	10.639,86	95%	0,47
Banyalbufar	M8	502,94	913,24	1.607,24	584,94	5%	1.377,26	95%	1,21
Binissalem	M9	5.632,93	7.006,44	8.361,34	6.062,58	5%	7.937,18	95%	0,39
Búger	M10	854,63	1.075,98	1.307,01	922,53	5%	1.234,64	95%	0,42
Bunyola	M11	4.745,37	6.035,51	7.448,17	5.130,28	5%	7.005,99	95%	0,45
Calvià	M12	40.884,68	73.484,21	128.289,75	47.321,10	5%	110.431,77	95%	1,19
Campanet	M13	2.084,78	2.647,76	3.253,97	2.256,01	5%	3.063,90	95%	0,44
Campos	M14	7.451,96	10.540,08	14.842,29	8.266,85	5%	13.445,19	95%	0,70
Capdepera	M15	19.572,34	30.809,12	48.216,88	22.204,26	5%	42.547,56	95%	0,93
Consell	M16	2.739,97	3.476,62	4.282,14	2.960,82	5%	4.025,52	95%	0,44
Costitx	M17	821,56	1.087,09	1.417,82	896,80	5%	1.310,54	95%	0,55
Deià	M18	606,05	983,49	1.589,16	689,52	5%	1.389,43	95%	1,00
Escorca	M19	221,87	357,12	572,63	252,04	5%	501,85	95%	0,98
Esporles	M20	3.763,81	4.726,11	5.717,96	4.060,66	5%	5.407,12	95%	0,41
Estellencs	M21	311,69	460,37	680,85	348,39	5%	608,60	95%	0,80
Felanitx	M22	14.408,90	19.857,78	27.169,37	15.893,59	5%	24.789,10	95%	0,64
Fornalutx	M23	587,20	755,62	946,77	637,17	5%	886,35	95%	0,48
Inca	M24	25.520,51	31.454,92	37.056,02	27.370,76	5%	35.352,75	95%	0,37
Lloret de V	M25	1.001,13	1.244,61	1.485,45	1.077,10	5%	1.409,75	95%	0,39
Lloseta	M26	4.537,35	5.505,49	6.328,32	4.844,13	5%	6.088,55	95%	0,33
Llubi	M27	1.762,40	2.245,54	2.771,11	1.910,82	5%	2.602,94	95%	0,45
Llucmajor	M28	28.157,82	39.964,49	56.559,24	31.244,52	5%	51.158,16	95%	0,71
Manacor	M29	33.469,79	45.589,95	61.610,09	36.769,61	5%	56.428,25	95%	0,62
Mancor de l	M30	919,38	1.123,56	1.306,44	983,70	5%	1.251,60	95%	0,34
Maria de la	M31	1.734,78	2.185,50	2.663,41	1.871,05	5%	2.512,60	95%	0,42
Marratxí	M32	25.939,12	32.558,79	39.300,20	27.992,48	5%	37.215,76	95%	0,41
Montuïri	M33	2.203,51	2.831,17	3.537,67	2.391,39	5%	3.313,75	95%	0,47
Muro	M34	5.673,39	12.834,92	25.732,36	6.838,75	5%	21.454,36	95%	1,56

Petra	M35	2.288,86	2.915,53	3.595,95	2.478,91	5%	3.383,17	95%	0,45
Pobla (Sa)	M36	9.989,24	12.038,53	13.687,66	10.645,82	5%	13.215,04	95%	0,31
Pollença	M37	13.655,52	19.487,78	27.751,79	15.154,70	5%	25.082,42	95%	0,72
Porreres	M38	4.229,90	5.188,43	6.069,11	4.530,55	5%	5.802,36	95%	0,35
Puigpunyent	M39	1.413,80	1.940,31	2.643,07	1.557,99	5%	2.413,56	95%	0,63
Salines (Se)	M40	5.804,31	10.189,09	17.505,81	6.698,96	5%	15.098,03	95%	1,15
Sant Joan	M41	1.568,85	2.082,57	2.720,15	1.715,51	5%	2.515,07	95%	0,55
Sant Llorenç	M42	6.835,76	16.735,19	34.780,94	8.317,23	5%	28.848,73	95%	1,67
Santa Eugènia	M43	1.251,18	1.652,62	2.140,77	1.367,88	5%	1.984,37	95%	0,54
Santa Marga	M44	11.625,80	20.609,95	35.615,40	13.433,35	5%	30.720,80	95%	1,16
Santa Maria	M45	4.551,01	5.633,60	6.681,39	4.886,76	5%	6.359,82	95%	0,38
Santanyí	M46	9.913,61	18.455,80	33.141,87	11.537,51	5%	28.272,80	95%	1,26
Selva	M47	3.323,33	4.313,81	5.491,05	3.610,84	5%	5.108,24	95%	0,50
Sencelles	M48	2.415,36	3.485,16	5.023,04	2.686,28	5%	4.525,55	95%	0,75
Sineu	M49	2.728,10	3.460,03	4.256,85	2.947,36	5%	4.005,03	95%	0,44
Sóller	M50	12.210,50	15.619,46	19.435,15	13.220,27	5%	18.233,69	95%	0,46
Son Servera	M51	9.420,52	15.588,76	25.663,37	10.752,04	5%	22.305,45	95%	1,04
Valldemossa	M52	1.587,49	2.162,07	2.917,99	1.744,60	5%	2.674,62	95%	0,62
Villafranca	M53	2.229,61	2.700,79	3.092,67	2.381,07	5%	2.978,07	95%	0,32

Tabla 4.19. Resultados simulación población municipal

Si representamos la variabilidad de la población a nivel municipal debido al efecto de la población vinculada y la población turística podemos comprobar la elevada variabilidad de la población en determinados municipios, mayormente costeros y turísticos: Sant Llorenç des Cardassar, Muro, Alcúdia, Santanyí, Calvià, Sta Margalida frente a la mayor estabilidad de los municipios interiores: Lloseta, Sa Pobla, Porreres, Villafranca, etc. Esta circunstancia tendrá consecuencias decisivas en el modelo de exposición de la población frente a los peligros naturales (Figura 4.44).

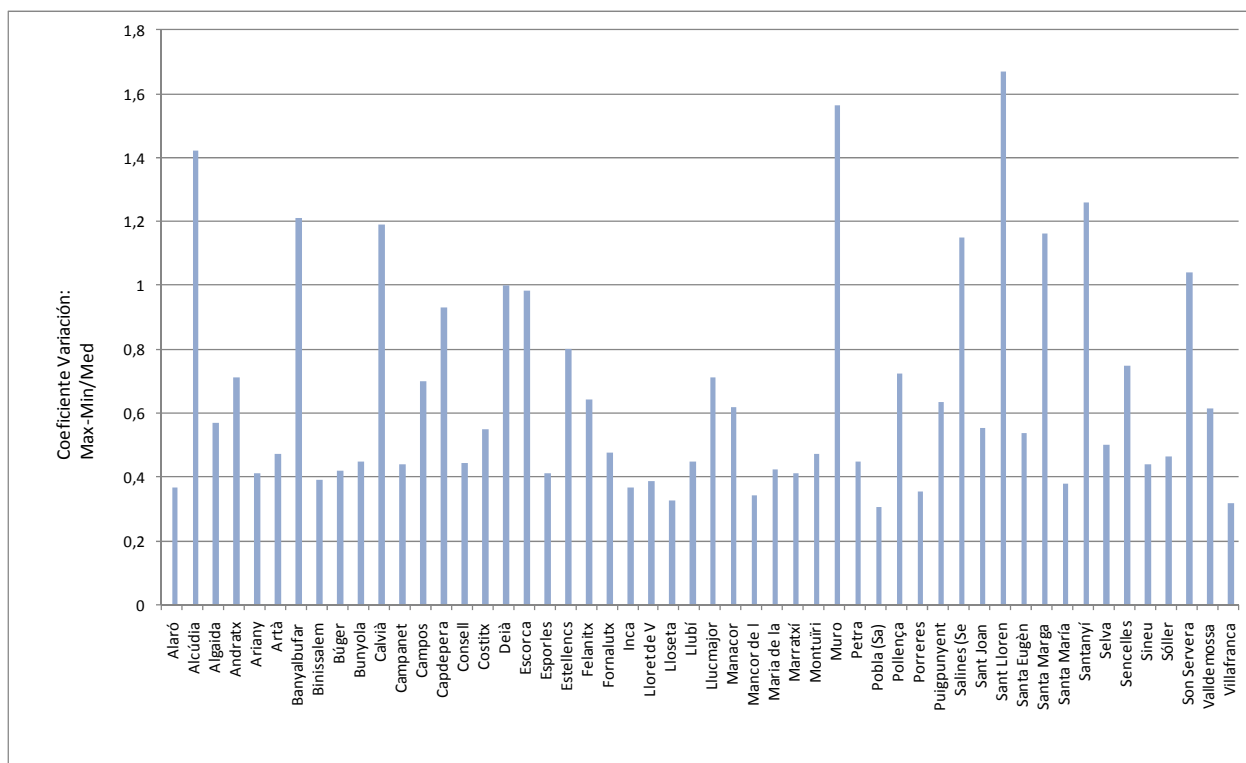


Figura 4.44. Resultados simulación. Coeficiente variación (Max-Min)/Med

Con objeto de poder integrar la información referente a la población como un factor económico en el modelo de valoración se ha optado por asignar un valor económico relativo a cada persona que oscila entre 70.000 mínimo, 90.000 media y 120.000 máximo euros. Una sola vida no tiene precio y podría optarse por realizar un tratamiento separado de esta variable. Sin embargo, la realidad es que las compañías de seguros y la propia administración asignan un valor económico a las vidas y que utilizan para compensar a los familiares de las víctimas de accidentes. Hemos basado nuestra propuesta metodológica en la normativa establecida en esta materia, en concreto en la Resolución de 24 de enero de 2006, de la Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones, por la que se da publicidad a las cuantías de las indemnizaciones por muertes, lesiones, permanentes e incapacidad temporal que resultaron de aplicar durante 2006, el sistema para valoración de los daños y perjuicios causados a las personas en accidentes de circulación (Ministerio de Economía y Hacienda. BOE N°29, 3 de febrero de 2006).

Dada la gran variabilidad existente en el territorio de Mallorca en cuanto a número de personas y su localización hemos realizado un modelo de simulación matemático que permite conocer en cada unidad geográfica el rango de variabilidad potencial de la población y de su valor económico. Para ello se cuenta con los datos de población de derecho y población máxima potencial en cada municipio. Se ajusta una función estadística del tipo triangular para cada unidad geográfica (nivel municipal) según las siguientes expresiones:

$$\text{Población Unidad Geográfica} = \text{Triang}(\text{pob. mínima}, \text{pob. media}, \text{pob. máxima})$$

Pob. mínima : Población de derecho unidad U1 menos una variación de un 20 %.

Pob. media: Población de derecho unidad U1

Pob. máxima: Población de derecho, más población vinculada, más población turística de la unidad U1.

Valor Población :

$$\text{Valor Unidad (U1)} = \text{Triang}(\text{mínimo pob.}, \text{pob. Media}, \text{pob máxima}) \times \text{Triang}(70.000, 90.000, 120.000)$$

MUNICIPIO	Mínimo (ME)	Máximo (ME)	Valor Medio (ME)	Std Dev
Alaró	301,7245178	705,3146362	476,2586064	63,49329303
Alcúdia	1271,893311	6780,741699	3378,502569	955,3449353
Algaida	297,9775085	769,2765503	494,2847481	77,78375739
Andratx	737,1234131	2287,423096	1384,842165	247,9548185
Ariany	50,88760757	117,1307449	78,89811045	10,91325944
Artà	536,6256714	1306,907837	855,2492363	125,1813992
Banyalbufar	40,97856522	182,0654602	94,08207643	23,8607811
Binissalem	411,8926086	979,8630981	653,0088315	87,51411227
Búger	63,57780838	148,7962952	100,7837493	14,12447532
Bunyola	352,7338562	870,2891235	567,3428168	81,36614092
Calvià	3102,268555	14433,04102	7567,56193	1902,839809
Campanet	158,6205292	377,6245728	248,6789448	35,31330215
Campos	565,6522827	1668,291016	1021,501893	180,5578214
Capdepera	1496,204102	5509,611328	3072,34143	648,4586182

Consell	206,3930511	498,7180481	326,3269491	46,42824704
Costitx	61,88840485	161,6887665	103,4216189	16,16145806
Deià	47,03225327	182,2939911	98,77445973	21,71397265
Escorca	16,77988625	65,60769653	35,81388041	7,842347243
Esporles	279,6775818	668,84021	442,0991375	61,32338885
Estellencs	24,6227684	77,94908142	45,16338418	8,60946639
Felanitx	1110,091675	3061,640625	1911,394303	321,5196146
Fornalutx	43,44221497	109,3687592	71,26521227	10,49768262
Inca	1912,945313	4235,996094	2924,042408	390,9810247
Lloret de V	74,51784515	172,452652	115,9969301	15,75227177
Lloseta	335,754303	732,1239014	509,4522303	65,75499206
Llubí	130,3026276	318,4839783	210,7810279	30,24873355
Llucmajor	2087,020508	6656,525879	3881,248601	692,5966388
Manacor	2553,241455	7041,239258	4372,450335	725,2011911
Mancor de l	69,47144318	150,1024475	104,2130898	13,71982118
Maria de la	126,8858719	304,3714905	204,6629131	28,70690442
Marratxí	1944,647461	4662,02832	3043,039062	421,0602175
Montuïri	162,1827393	414,3762512	266,7078387	38,70437059
Muro	456,3480835	2853,351074	1374,442328	414,1134181
Petra	168,4839172	409,3621216	274,0051715	39,82249912
Pobla (Sa)	724,9628296	1605,221313	1111,410307	142,1235173
Pollença	1021,160889	3174,181152	1896,046796	341,6133198
Porreres	313,9860229	699,7849121	481,5821417	63,78918652
Puigpunyent	105,1315842	297,8175964	186,471244	31,01484869
Salines (Se	469,7003479	2042,025757	1042,4251	254,4175026
Sant Joan	121,1364212	313,6879272	198,0734898	30,95657382
Sant Lloren	555,4348755	3899,338379	1817,473522	581,207225
Santa Eugèn	92,5320816	243,8106689	156,8797239	24,25173687
Santa Marga	945,8968506	3943,095459	2112,29837	521,0449523
Santa María	338,3448486	761,7941284	524,8923424	71,18275816
Santanyí	766,4313354	3759,843506	1909,708348	493,9071311
Selva	240,3268738	627,4198608	408,2731643	61,68553205
Sencelles	175,1457062	573,1765747	340,1823129	62,54474672
Sineu	204,7157288	492,0775757	324,9137153	46,40203358
Sóller	898,4890137	2206,756104	1469,897755	211,2259404
Son Servera	718,5509033	2858,233643	1572,621423	357,0675459
Valldemossa	120,6546555	327,2976379	207,4613746	34,11872612
Villafranca	164,5827942	358,3361206	249,5647385	32,22598255

Tabla 4.20. Simulación valor municipal derivado de la población.

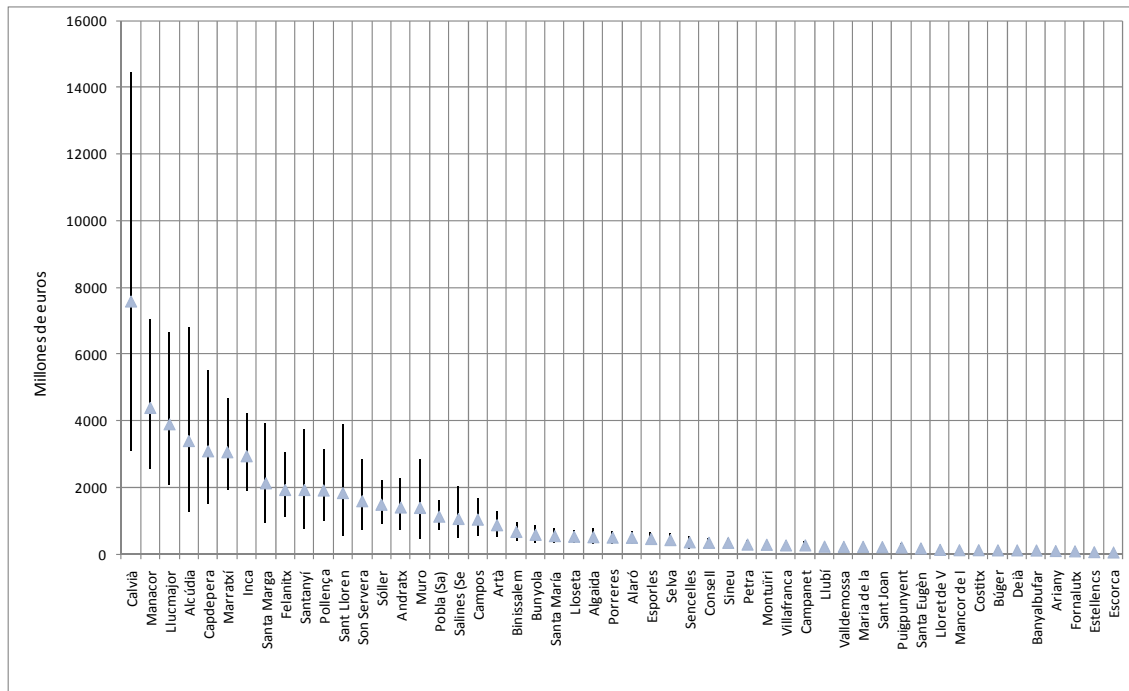


Figura 4.45.. Valor población municipal.

Los resultados de la simulación (Figura 4.45) muestran la mayor valoración económica derivada de la población de los municipios turísticos costeros: Calvià (3.000-14.000 millones de euros Manacor, Lluçmajor, Alcúdia, Capdepera, Santa Margalida, Felanitx, Santanyí. En segundo término aparecen municipios interiores cuya población residente es elevada: Marratxí, Inca. Posteriormente aparecen el resto municipios de Mallorca, mostrándose en último lugar los menos poblados de la Serra de Tramuntana.

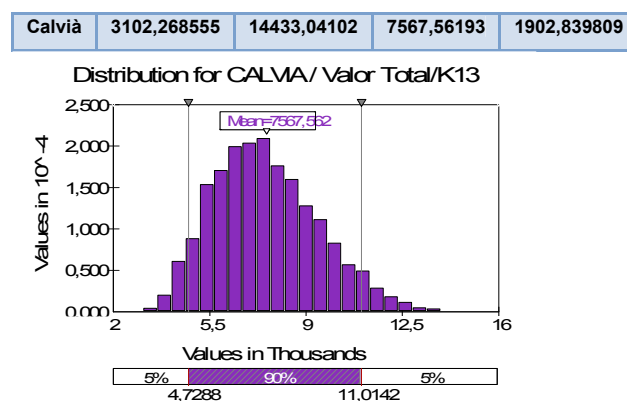


Figura 4.46. Simulación valor población municipio de Calvià

Retículas de 5 Km / 1 Km

Se parte de la información de la población proporcionada por el Padrón del INE 2008 para secciones censales (Figura 4.42). Se asume que la población se localiza en las construcciones por lo que se ha utilizado la capa de construcciones de la Cartografía Topográfica de la Conselleria de Movilidad y Ordenación del Territorio del Gobierno Balear del año 2006. Dicha capa contiene un fichero de tipo vectorial de polígonos que representa la planta de cada construcción. (Figura 4.47).

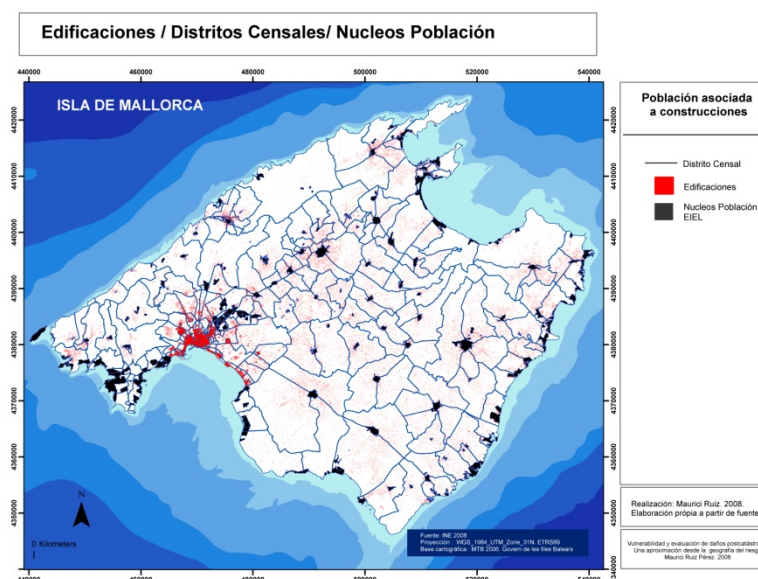


Figura 4.47. Edificaciones y distritos censales
(Anexo cartográfico: Mapa 29)

Se ha creído conveniente realizar la corrección de la superficie de las edificaciones incorporando el número de plantas, en especial para las zonas urbanas. Para ello se han identificado las construcciones ubicadas en zonas urbanas a partir de la cartografía de núcleos de población de la Encuesta de Infraestructuras y Equipamiento Local (EIEL) (MAP 2005) y se ha multiplicado su superficie por un coeficiente de 2.0 para todos los núcleos urbanos a excepción de Inca y Manacor que se ha utilizado un coeficiente de 2.5 por entender que el promedio de número de plantas es mayor en estos municipios.

Para asignar una población a cada edificación calculamos el total de superficie edificada para cada sección censal. A partir de dicho valor dividimos la población total de la sección censal entre los metros cuadrados de superficie edificada y calculamos un índice de población por metro cuadrado edificado para cada sección censal.

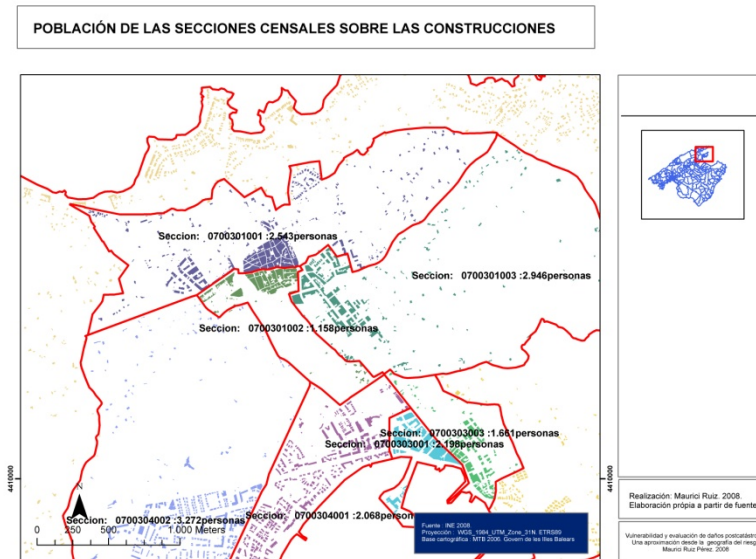


Figura 4.48. Detalle Población Distritos Censales Alcudia. Asignada las construcciones.
(Anexo Cartográfico: Mapa 30)

A partir de dicha información es posible calcular la población potencial existente en cada construcción.

$$Poblacion\ por\ construcción = Superficie\ construcción\ (m^2) \times Habitantes/m^2$$

También se ha considerado relevante considerar la población vinculada y la población turística potencial en cada una de las construcciones. Para el análisis de la población vinculada se utiliza el porcentaje de población vinculada obtenido para cada municipio y se aplica a cada una de las construcciones.

Para el análisis de la población turística, hay que considerar que se dispone como única fuente de datos del número de plazas hoteleras por municipio del Instituto de Estadística Balear para el año 2005. El procedimiento realizado es el siguiente:

- Identificación de las zonas turísticas de Mallorca a partir de la cartografía del Plan de Ordenación de la Oferta Turística de Baleares (POOT, Conselleria de Turismo. Gobierno Balear, 2008). Los municipios que no poseen zonas turísticas cartografiadas se seleccionan de forma íntegra.

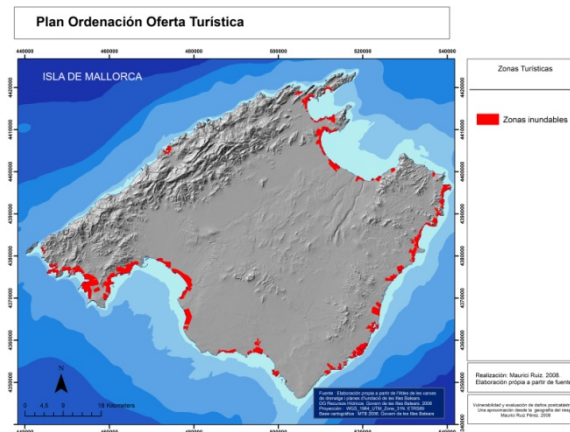


Figura 4.49. Zonas afectadas por el Plan Ordenación Oferta Turística

- Selección de las construcciones incluidas en las zonas turísticas y cálculo de superficies totales construidas en cada municipio. Mediante un procedimiento de superposición se identifican las construcciones que se ubican sobre las zonas turísticas. De esta forma se dispone de número de plazas totales por municipio y superficie edificada total.
- Cálculo del número de turistas por metro cuadrado de edificación, a partir del número total de plazas hoteleras por municipio y la superficie total de construcciones.
- Cálculo del número de turistas por construcción.

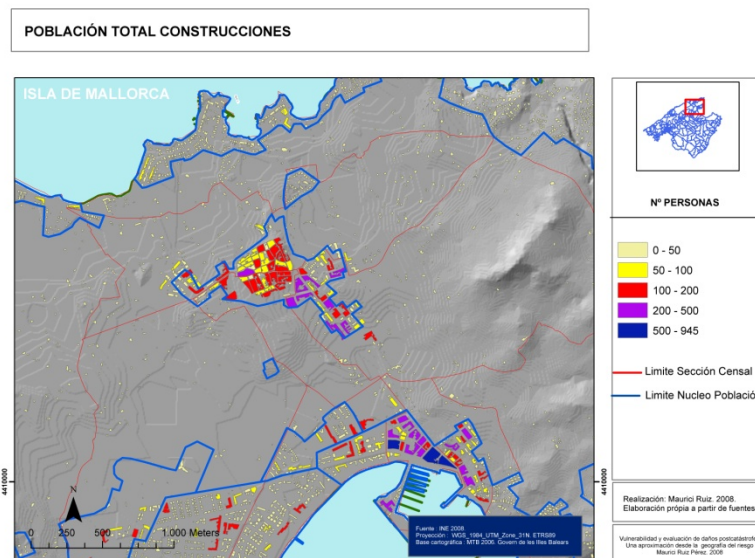


Figura 4.50. Detalle de la Población Distritos Censales asignada a las construcciones. Alcudia (Anexo cartográfico: Mapa 31)

Finalmente se procede a la integración de los datos de población para cada retícula: población vinculada más población turística.

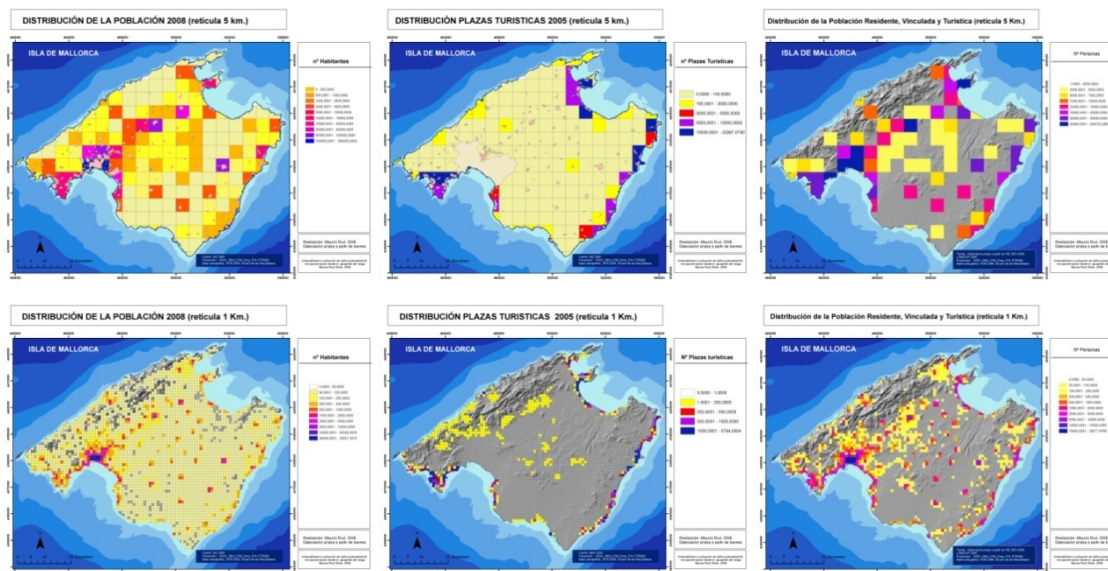


Figura 4.51. Distribución población 2008 5x5/1x1, Distribución plazas turísticas 5x5/1x1, Distribución población residente vinculada y turística 5x5/1x1.
(Anexo cartográfico: Mapas 32,33, 34, 35, 36, 37).

A partir de la información de la población localizada en cada retícula (5x5 Km., 1x1 Km.) realizamos el cálculo de su valor económico en base a la aplicación de la misma metodología utilizada para la estimación del valor de la población municipal. Para ello, asignamos un valor variable a cada persona entre 70.000 y 120.000 euros mediante la utilización de una función estadística de tipo Triangular. A continuación realizamos sendos modelos de simulación “Latin Hypercube de 10.000 casos” para obtener la distribución probable de la población en cada retícula.

La movilidad de la población no se ha considerado conveniente incorporarla en el análisis de la distribución de la población por falta de información precisa. Se dispone de datos sobre Intensidad Media Diaria de diversas carreteras, y se pueden identificar tramos más o menos frecuentados, pero la información no será integrada en el modelo por falta de precisión.

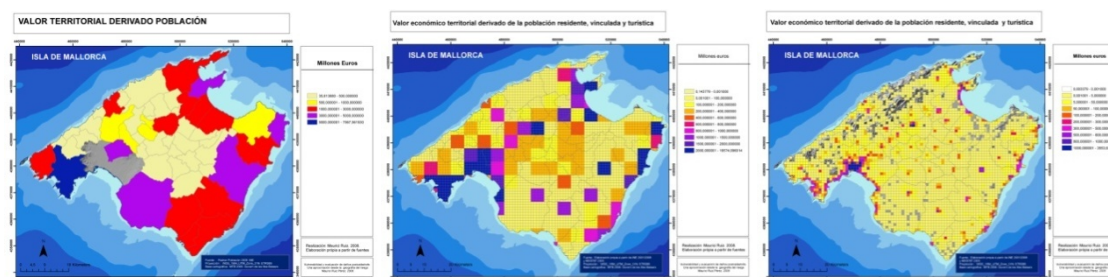


Figura 4.52. Valor Territorial derivado de la población
(Anexo cartográfico: Mapas 38, 39, 40)

Resultados

La distribución de la población en Mallorca está condicionada por diversos factores:

- Actividad turística. Aquellos municipios que presentan actividad turística ven incrementada su población de forma significativa en temporada alta que coincide con los meses de verano de julio y agosto. En particular los municipios litorales que concentran su oferta turística en la costa son los que muestran mayor incremento poblacional no sólo de población de hecho, sino que también poseen un alto porcentaje de población vinculada/flotante. Por ello, además de valores de población de base elevados poseen una gran variabilidad. En este grupo se incluyen los siguientes municipios: Alcudia, Calvià, Capdepera, Felanitx, Muro, Pollença, Sant Llorenç, Santanyí, Son Servera, Ses Salines y Santa Margalida. De forma inversa los municipios interiores cuya actividad económica está más basada en el sector primario y actúan de ciudades dormitorio mantienen los niveles más bajos de población de derecho así como escasa variabilidad en cuanto a población vinculada y número de turistas (Figura 4.45).

El Mapa 37 de distribución de la población residente/vinculada y turística (retículas 1x1 Km.) muestra cómo gran parte de los municipios costeros concentran su población en la zona próxima a la costa (2/3 Km.) pero poseen amplias zonas prácticamente despobladas hacia el interior. Es decir la carga poblacional se concentra más que de forma genérica en un municipio litoral en una zona litoral.

- Proximidad a Palma. Palma es el principal centro de actividad económica de la isla de Mallorca que también manifiesta una dinámica poblacional ligada al turismo. En particular la zona del Arenal y en menor medida de Cala Mayor concentran un porcentaje significativo de la oferta de plazas de Mallorca. Palma ejerce una influencia directa sobre la dinámica demográfica de los municipios adyacentes. En particular, los municipios del primer cinturón de Palma, Marratxí, Calvià, Lluçmajor ven incrementada significativamente su población residente y vinculada ejerciendo un papel de ciudades dormitorio de personas que ejercen su actividad laboral en Palma. La misma influencia se ejerce sobre otros municipios de menor tamaño cuya proximidad a la capital se traduce en un incremento de población residente (pe. Bunyola, Esporles, Puigpunyent, Algaida, Santa Eugènia, Santa Maria, Consell, Binissalem, ..).

Este fenómeno de expansión poblacional de Palma es consecuencia de diversos factores entre los que destacan los siguientes:

- Estancamiento de la oferta laboral en los municipios no turísticos.
- Escasez de suelo urbano en Palma y permisividad urbanizadora en municipios adyacentes.

- Disminución de la calidad de vida urbana en Palma.
- Desarrollo de infraestructuras de transporte.

- Infraestructuras de transporte. En los últimos años la construcción de infraestructuras de transporte (autopistas, autovías, red ferrocarril, metro, etc) ha propiciado la expansión geográfica de la población. Este hecho ha tenido una trascendencia fundamental en la expansión de la influencia de Palma y sobre prácticamente toda la isla. La movilidad de la población, especialmente en vehículo privado también se ha visto incrementada significativamente, por lo que las carreteras han experimentado un aumento significativo de su intensidad media diaria.

- Concentración poblacional. La carga poblacional se concentra mayoritariamente en una decena de municipios: Palma, Marratxí, Calvià, Lluçmajor, Inca, Manacor, Alcudia, Pollença, Sóller y Felanitx. La población tiene una tendencia clara a localizarse entorno a un grupo de municipios concretos que experimentan una dinámica expansiva concreta.

- Dispersión de la población. El suelo rústico de Mallorca experimenta un proceso generalizado de rururbanización que se basa en la transformación del uso agrícola tradicional por el uso residencial. La dispersión de la población es elevada en la zona de influencia de Palma y entorno a los núcleos principales de población y zonas turísticas: Palma, Marratxí, Bunyola, Santa Maria, Lluçmajor, Binissalem, Consell, Inca, Pollença, Sóller, Capdepera, Sant Llorenç, Andratx, etc.

- Topografía. La topografía constituye una barrera a la expansión de la población. Los municipios ubicados en la Serra de Tramuntana y Serres de Llevant poseen menor población tanto en los propios núcleos y zonas turísticas como a nivel de población dispersa. Sin embargo, de distribución de la población en retículas 1x1 Km. (Mapa 37) revela una expansión progresiva en zonas próximas a Palma (Bunyola, Esporles, Calvià), Andratx, Sóller, Pollença y Capdepera.

En el Anexo Estadístico (Volumen III) se incluye la documentación sobre el proceso de simulación de la población realizado a nivel municipal, retículas 5x5 Km. y retículas 1x1 Km. Puede consultarse para cada unidad geográfica la población potencial existente así como su valor económico.

4.3.2.2. Valor de las infraestructuras

El siguiente factor que vamos a considerar en el análisis de la vulnerabilidad territorial son las infraestructuras y equipamientos territoriales. Las zonas donde se localizan las infraestructuras son más sensibles a padecer los efectos de los desastres naturales.

Metodología

El inventario y valoración de las infraestructuras existentes en el territorio se ha realizado en base a la información cartográfica proporcionada por el Consell de Mallorca de la Encuesta de Equipamientos e Infraestructuras Locales (EIEL) que realizó el Servicio de SIG y Teledetección de la Universidad de las Islas Baleares para el año 2.000, bajo mi dirección y que se actualizó por el Consell de Mallorca en el año 2.005. También se han añadido otras informaciones como la red de ferrocarril, las líneas de alta tensión, los puertos deportivos y otros equipamientos.

La EIEL comprende un inventario exhaustivo de las distintas infraestructuras y equipamientos a nivel local. La finalidad de la EIEL según indica el artículo 4 apartado 2 del Real Decreto 835/2003, de 27 de junio, por el que se regula la cooperación económica del Estado a las inversiones de las entidades locales, es *“conocer la situación de las infraestructuras y equipamientos de competencia municipal, formando un inventario de ámbito nacional, de carácter censal, con información precisa y sistematizada de los municipios con población inferior a 50.000 habitantes”*. Sin embargo no se trata de inventariar sólo los equipamientos de titularidad municipal, sino la consideración completa de las infraestructuras y equipamientos que atienden colectivamente a la misma necesidad.

La unidad territorial de la EIEL es el municipio, con información a nivel de *“Núcleo de Población”*. Entendiendo dicho núcleo de población:

- Los que define el Planeamiento Urbanístico vigente.
- Los que se engloban en la definición del Instituto Nacional de Estadística siguiente: *“Se considera Núcleo de Población a un conjunto de al menos diez edificaciones que estén formando calles, plazas y otras vías urbanas. Por excepción, el número de edificaciones podrá ser inferior a 19, siempre que la población de derecho que habita en las mismas supere los 50 habitantes. Se incluyen en el núcleo aquellas edificaciones que, estando aisladas, disten menos de 299 metros de los límites exteriores del mencionado conjunto. Las edificaciones o viviendas que no puedan ser incluidas en el concepto de núcleo se consideran en diseminado”*. (<http://www.ine.es/nomen2/Metodologia.do> [Consultado 10.10.2009])
- Los que se definan a niveles autonómicos por órganos competentes.

Las infraestructuras que se han tenido en cuenta atendiendo a su tipología y entidad cartográfica representativa han sido las siguientes:

- Información de tipo puntual: aliviaderos, depósitos, bocas de riesgo, captaciones, puntos de luz, registro pozos, hidrantes, válvulas, tratamiento potabilización, sumideros.
- Información de tipo lineal: colectores, conducciones, red distribución agua, red alcantarillado, red carreteras,

- Información de tipo poligonal: emisarios, depuradoras, bombas impulsión, equipamientos municipales.

Además se han incluido los siguientes equipamientos e infraestructuras : puertos deportivos (poligonal), centrales eléctricas (puntual), red eléctrica, red ferrocarril (lineales).

El conjunto de las infraestructuras territoriales consideradas se presentan en la figura 4.53.

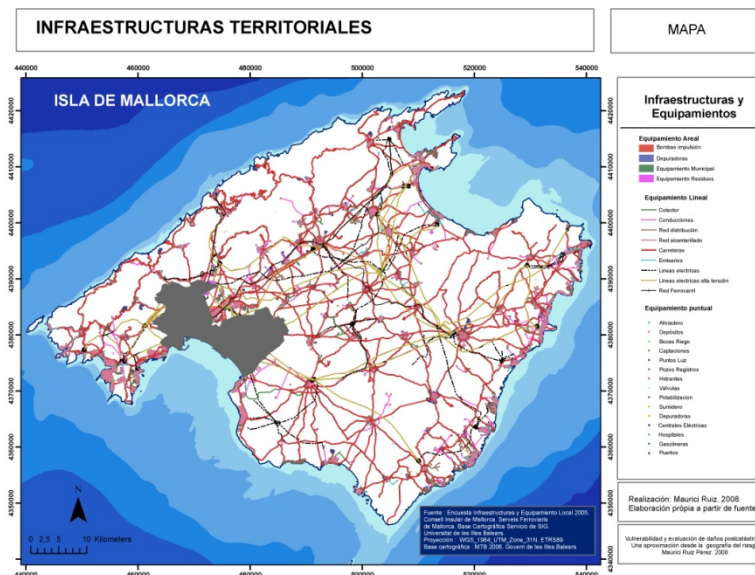


Figura 4.53. Infraestructuras y equipamientos municipales
(Anexo cartográfico: Mapa 41)

El valor económico de las infraestructuras se ha realizado mediante un modelo de simulación cuyo funcionamiento consta de las siguientes fases:

- En primer lugar se ha proporcionado un valor estandarizado mínimo, medio y máximo para cada unidad de medida de las infraestructuras consideradas:
 - Infraestructuras representadas por entidades puntuales: valor mínimo, medio y máximo por infraestructura.
 - Infraestructuras representadas por entidades lineales: valor mínimo, medio y máximo por metro lineal.
 - Infraestructuras representadas por entidades poligonales: valor mínimo, medio y máximo por metro cuadrado.

El coste económico asignado a cada infraestructura es un valor aproximado obtenido a partir de tablas de precios de equipamientos y construcciones. Para incorporar un factor de incertidumbre en el valor económico de cada elemento, se construye una función estadística de densidad de tipo normal que representa el valor económico de cada elemento. La función se acota en los extremos a un valor mínimo igual a la mitad del valor propuesto y máximo al doble del valor propuesto (Tabla 4.21).

ELEMENTO	VALOR	FUNCION	Expresión de la Función
alivia	1.000	1.000	RiskNormal(\$B\$261;\$B\$261/2; RiskTruncate(\$B\$261/2; \$B\$261+\$B\$261.
deposito	4.000	4.000	RiskNormal(\$B\$262;\$B\$262/2; RiskTruncate(\$B\$262/2; \$B\$262+\$B\$262.
bocariego	2.000	2.000	RiskNormal(\$B\$263;\$B\$263/2; RiskTruncate(\$B\$263/2; \$B\$263+\$B\$263.
captacion	2.000	2.000	RiskNormal(\$B\$264;\$B\$264/2; RiskTruncate(\$B\$264/2; \$B\$264+\$B\$264.
farola	6.000	6.000	RiskNormal(\$B\$265;\$B\$265/2; RiskTruncate(\$B\$265/2; \$B\$265+\$B\$265.
Pozo	6.000	6.000	RiskNormal(\$B\$266;\$B\$266/2; RiskTruncate(\$B\$266/2; \$B\$266+\$B\$266.
hidrante	3.000	3.000	RiskNormal(\$B\$267;\$B\$267/2; RiskTruncate(\$B\$267/2; \$B\$267+\$B\$267.
valvula	4.000	4.000	RiskNormal(\$B\$268;\$B\$268/2; RiskTruncate(\$B\$268/2; \$B\$268+\$B\$268.
potabiliza	3.000.000	3.000.000	RiskNormal(\$B\$269;\$B\$269/2; RiskTruncate(\$B\$269/2; \$B\$269+\$B\$269.
sumidero	5.000	5.000	RiskNormal(\$B\$270;\$B\$270/2; RiskTruncate(\$B\$270/2; \$B\$270+\$B\$270.
escuelas	1.000.000	1.000.000	RiskNormal(\$B\$271;\$B\$271/2; RiskTruncate(\$B\$271/2; \$B\$271+\$B\$271.
gasoliner	300.000	300.000	RiskNormal(\$B\$272;\$B\$272/2; RiskTruncate(\$B\$272/2; \$B\$272+\$B\$272.
hospitales	600.000	600.000	RiskNormal(\$B\$273;\$B\$273/2; RiskTruncate(\$B\$273/2; \$B\$273+\$B\$273.
puertos	3.000.000	3.000.000	RiskNormal(\$B\$274;\$B\$274/2; RiskTruncate(\$B\$274/2; \$B\$274+\$B\$274.
Colector	2.000	2.000	RiskNormal(\$B\$275;\$B\$275/2; RiskTruncate(\$B\$275/2; \$B\$275+\$B\$275.
Conducciones	2.000	2.000	RiskNormal(\$B\$276;\$B\$276/2; RiskTruncate(\$B\$276/2; \$B\$276+\$B\$276.
Red Distribución	1.000	1.000	RiskNormal(\$B\$277;\$B\$277/2; RiskTruncate(\$B\$277/2; \$B\$277+\$B\$277.
Red Alcantarillado	500	500	RiskNormal(\$B\$278;\$B\$278/2; RiskTruncate(\$B\$278/2; \$B\$278+\$B\$278.
Carreteras	6.000	6.000	RiskNormal(\$B\$279;\$B\$279/2; RiskTruncate(\$B\$279/2; \$B\$279+\$B\$279.
Emisarios	2.000	2.000	RiskNormal(\$B\$280;\$B\$280/2; RiskTruncate(\$B\$280/2; \$B\$280+\$B\$280.
Lineas Electricidad	2.000	2.000	RiskNormal(\$B\$281;\$B\$281/2; RiskTruncate(\$B\$281/2; \$B\$281+\$B\$281.
Alta Tensión	6.000	6.000	RiskNormal(\$B\$282;\$B\$282/2; RiskTruncate(\$B\$282/2; \$B\$282+\$B\$282.
Ferrocarril	10.000	10.000	RiskNormal(\$B\$283;\$B\$283/2; RiskTruncate(\$B\$283/2; \$B\$283+\$B\$283.
Bombas Ipulsion	600	600	RiskNormal(\$B\$284;\$B\$284/2; RiskTruncate(\$B\$284/2; \$B\$284+\$B\$284.
Depuradoras	4.000	4.000	RiskNormal(\$B\$285;\$B\$285/2; RiskTruncate(\$B\$285/2; \$B\$285+\$B\$285.
m2 equipamiento	3.000	3.000	RiskNormal(\$B\$286;\$B\$286/2; RiskTruncate(\$B\$286/2; \$B\$286+\$B\$286.
m2 zona gestion residuos	2.000	2.000	RiskNormal(\$B\$287;\$B\$287/2; RiskTruncate(\$B\$287/2; \$B\$287+\$B\$287.

Tabla 4.21. Función estadística para el cálculo del valor económico de cada equipamiento/infraestructura

Name	Cell	Minimum	Mean	Maximum	x1	p1	x2	p2
alivia / FUNCION	C3961	500,103973	1000,00013	1499,99695	566,134644	5%	1433,79114	95%
deposito / FUNCION	C3962	2000,08496	4000,00099	5999,73242	2264,38989	5%	5735,02344	95%
2000 / FUNCION	C3963	1000,19672	2000,00068	2999,89868	1132,17615	5%	2867,53027	95%
2000 / FUNCION	C3964	1000,15363	2000,00076	2999,90308	1132,24951	5%	2867,53076	95%
farola / FUNCION	C3965	3000,15454	5999,99776	8999,97852	3396,78467	5%	8602,71973	95%
Pozo / FUNCION	C3966	3000,31104	5999,9995	8999,98535	3396,83496	5%	8602,7002	95%
hidrante / FUNCION	C3967	1500,06567	2999,99987	4499,71924	1698,45996	5%	4301,31689	95%
valvula / FUNCION	C3968	2000,10779	4000,00123	5999,5918	2205,47314	5%	5794,08887	95%
potabiliza / FUNCION	C3969	1500005,88	2999999,41	4499667,5	1698272,75	5%	4301399,5	95%
sumidero / FUNCION	C3970	2500,67334	5000,00107	7499,7373	2830,7793	5%	7169,0708	95%
escuelas / FUNCION	C3971	500103,813	999999,785	1499876,88	566090,563	5%	1433793,5	95%
gasoliner / FUNCION	C3972	150030,047	300000,068	449994,969	169820,75	5%	430129,844	95%
hospitales / FUNCION	C3973	300027,563	600000,018	899971,813	339631,031	5%	860284,438	95%
puertos / FUNCION	C3974	1500327,38	2999999,81	4499850	1698502,25	5%	4301348,5	95%
2000 / FUNCION	C3975	1000,05359	1999,99994	2999,75537	1132,11401	5%	2867,4248	95%
2000 / FUNCION	C3976	1000,22418	1999,99955	2999,96875	1132,24792	5%	2867,53027	95%
Red Distribución / FUNCION	C3977	500,020844	999,999847	1499,91797	566,163696	5%	1433,72546	95%
Red Alcantarillado / FUNCION	C3978	250,043961	499,999872	749,980225	283,042511	5%	716,878723	95%
Carreteras / FUNCION	C3979	3000,52979	5999,99952	8999,81348	3396,6792	5%	8602,83691	95%
2000 / FUNCION	C3980	1000,19495	2000,00088	2999,84351	1132,11597	5%	2867,44678	95%
2000 / FUNCION	C3981	1000,00348	2000,00038	2999,82983	1132,26245	5%	2867,49609	95%
Alta Tensión / FUNCION	C3982	3000,43945	6000,00146	8999,75879	3396,66626	5%	8602,29688	95%
Ferrocarril / FUNCION	C3983	5001,14648	9999,99758	14999,9766	5660,79688	5%	14337,3506	95%
Bombas Ipulsion / FUNCION	C3984	300,063354	599,999926	899,985413	339,684174	5%	860,268982	95%
Depuradoras / FUNCION	C3985	2000,18335	4000,00078	5999,80615	2264,52148	5%	5735,24756	95%
EQUIPAMIENTO / FUNCION	C3986	1500,05725	2999,99861	4499,89746	1698,27612	5%	4301,43311	95%
2000 / FUNCION	C3987	1000,02673	1999,99929	2999,98413	1132,33362	5%	2867,56519	95%

Tabla 4.22. Resultados simulación. Coeficiente variación (Max-Min)/Med

En segundo término se computa el número de unidades, metros lineales o metros cuadrados de cada infraestructura para cada entidad geográfica considerada: municipio, retícula 5 Km, y retícula de 1 Km (Anexo Estadístico).

Finalmente se realiza el cálculo del valor económico de cada infraestructura contenido en cada retícula mediante el producto del n° de unidades, metros lineales o metros cuadrados por la función estadística que representa su respectivo valor. Para ello se implementa un modelo de simulación de 10.000 simulaciones obteniendo un valor máximo, mínimo y medio para cada retícula (Tabla 4.23).

ID	Minimum	Maximum	Mean	Std Dev	x1	p1	x2	p2
273	15.842.331,00	42.371.692,00	29.077.647,31	6.240.292,86	19.104.348,00	5,0%	39.085.748,00	95,0%
274	19.057.140,00	57.164.408,00	38.109.657,40	10.281.740,53	21.574.332,00	5,0%	54.641.952,00	95,0%
328	63.019.044,00	180.615.808,00	122.464.418,06	27.566.641,71	78.457.616,00	5,0%	166.417.952,00	95,0%
329	45.786.496,00	125.044.352,00	85.876.679,94	18.587.752,02	56.136.196,00	5,0%	115.407.512,00	95,0%
330	82.847.096,00	226.375.792,00	156.253.738,69	31.419.490,80	106.092.008,00	5,0%	206.586.112,00	95,0%
331	58.805.216,00	166.054.352,00	113.170.018,32	22.389.267,78	77.366.296,00	5,0%	148.959.904,00	95,0%
332	88.372.520,00	229.873.744,00	159.141.104,23	23.038.754,14	121.299.128,00	5,0%	197.631.008,00	95,0%
333	111.594.448,00	277.483.776,00	192.875.477,95	30.057.367,59	143.072.512,00	5,0%	243.045.056,00	95,0%
386	294.904.928,00	674.365.056,00	481.761.388,81	63.629.892,28	376.506.272,00	5,0%	587.112.320,00	95,0%
387	104.583.696,00	240.621.824,00	172.121.484,83	22.197.488,53	135.686.784,00	5,0%	209.204.240,00	95,0%
388	3.769.447,00	11.306.954,00	7.537.979,49	2.033.698,40	4.267.340,00	5,0%	10.808.019,00	95,0%
389	20.442.600,00	54.550.844,00	37.469.786,24	5.944.636,68	27.787.868,00	5,0%	47.160.280,00	95,0%

Tabla 4.23. Resultados simulación retículas 5x5 Km.. Valor Infraestructuras.

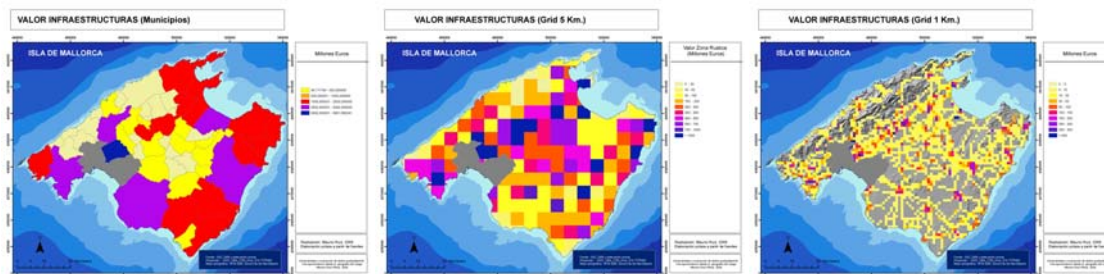


Figura 4.54. Valor Territorial derivado de las infraestructuras y equipamientos (Anexo cartográfico: Mapas 42, 43, 44)

Los resultados se presentan en los mapas 42 (unidades municipales) ,43 (retículas 5x5 Km.) y 44 (retícula 1x1 Km.) del Anexo Cartográfico y en el Anexo Estadístico. Los valores obtenidos deben entenderse como una aproximación al coste de las infraestructuras. Sin duda arrastran un error considerable que podrá subsanarse a medida que se refine el valor medio a cada infraestructura. A pesar de ello, aportan una valiosa información del modelo de distribución de las infraestructuras en el territorio lo cual es de gran utilidad para el cálculo de la exposición a los peligros naturales.

Resultados

Las infraestructuras que hemos analizado no incluyen el total de las infraestructuras existentes en el territorio, Asimismo el modelo de valoración económica propuesto incorpora un nivel de

error e incertidumbre elevado. Sin embargo, los resultados obtenidos sí permiten disponer de una aproximación al modelo de distribución de las infraestructuras en la isla.

La distribución geográfica de las infraestructuras y equipamientos en Mallorca sigue unas pautas que reproducen en parte el modelo de distribución de la población. Existe una correlación elevada entre población y valor de las infraestructuras. Sin embargo, la naturaleza supramunicipal de algunos equipamientos desequilibra esta tendencia. De hecho, la instalación de algunas infraestructuras/equipamientos (depuradoras, potabilizadoras, escuelas, puertos, autopistas, etc) en municipios pequeños puede dar lugar a resultados de difícil interpretación cuando la unidad geográfica de análisis es el municipio.

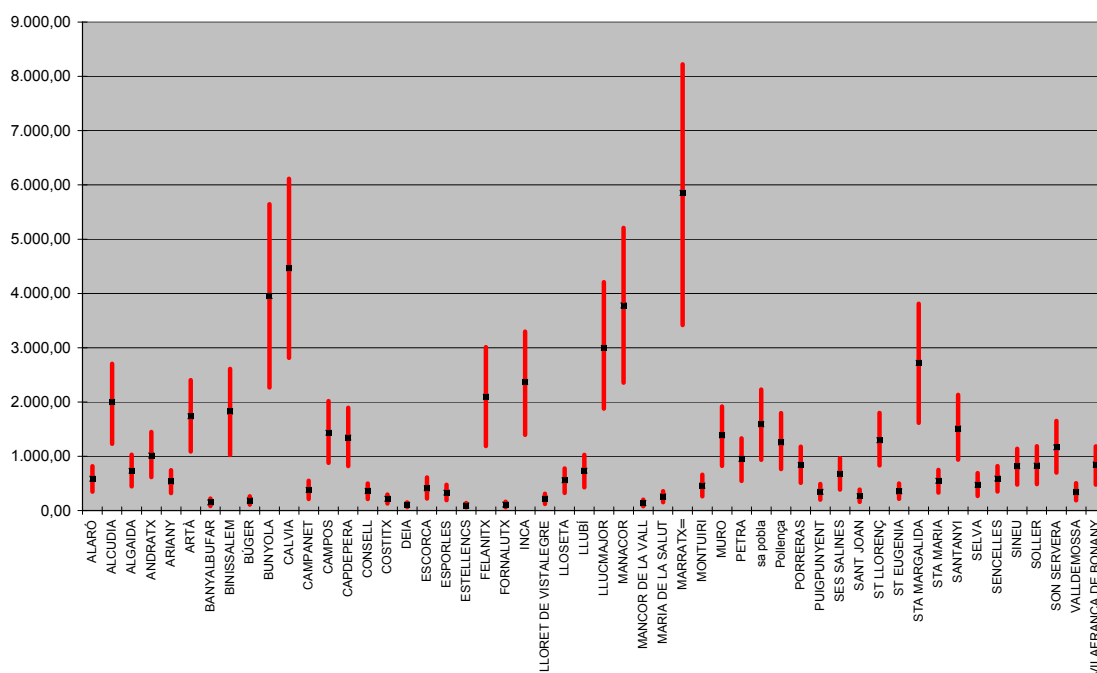


Figura 4.55. Valor de las infraestructuras a nivel municipal (Millones de Euros)

Por ello, el análisis de la distribución es más equilibrado realizarlo a partir de la interpretación de la cartografía de retículas 5x5 Km. , o 1x1 Km. (Figura 4.54).

A nivel municipal se observa que el municipio de Marratxí es el que experimenta una mayor valoración. Esto se debe principalmente a su carácter eminentemente urbano y a la existencia de grandes infraestructuras de comunicación (autopistas, metro, tren, ..) (Figura 4.55).

El mapa de valor de las infraestructuras en retículas (1x1 Km.) muestra que las infraestructuras se distribuyen de forma mayoritaria en los núcleos de población. En este sentido destacan los núcleos de Marratxí, Manacor, Lluçmajor, Artà, Alcudia y Pollença. También se observan valores elevados en las zonas costeras al Norte (Alcudia y Pollença), Este (Capdepera, Cala Millor, Porto Cristo, Porto Colom, sa Ràpita), y al Oeste (costa de Calvià, y Sóller). Se puede

observar un gran foco de infraestructuras entorno al eje Palma-Inca-Alcudia, y al eje Inca-Manacor-Cala Millor. Existen amplias zonas ajenas a la Serra de Tramunana, Muro y Santa Margalida sin ninguna clase de equipamiento.

4.3.2.3. Valoración ocupación del suelo

El valor del territorio está condicionado directamente por el tipo de ocupación del suelo. La valoración económica de los distintos tipos de ocupación del suelo se incluye en el campo de la tasación forestal, agrícola, inmobiliaria, etc.; es una actividad compleja en la que intervienen numerosos factores y su cálculo podría ser objeto de una investigación específica. Una de las mejores opciones a considerar en este trabajo sería la utilización directa de los datos del Catastro Rústico y Urbano, sin embargo el acceso a dicha información no es público y para este trabajo no ha sido posible su uso.

En este estudio para la valoración económica de la ocupación del suelo vamos a centrarnos en el cálculo de dos aspectos: el valor de las construcciones y el valor del suelo rústico.

Valor de las construcciones

Metodología

La valoración económica de las construcciones y suelo urbano se ha realizado utilizando el método simplificado del cálculo de presupuesto de referencia en base a los costes de la construcción tipo de las Islas Baleares propuesto por el Colegio de Arquitectos de Baleares 2007. Para el cálculo del valor del suelo se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Valor Construcción} = \sum (\text{superficie en m}^2 \times \text{Coeficiente } Q \times \text{Coeficiente } M \times \text{Coeficiente } C) \times \text{Módulo Mes}$$

Q : Coeficiente de calidad. Nivel de calidad de edificaciones. Oscila entre 0,8 (viviendas protección oficial) y 1,2 (nivel superior al estándar).

M : Coeficiente moderador. Superficie de la promoción, oscila entre 0,85 (superficie mayor a 5.000 m²) y 1 (superficie hasta 2.000m²).

C : Coeficiente de tipología constructiva. Oscila entre 1,4 (garajes planta baja) a 3,5 hospitales.

Módulo Mes: Euros asignados por actuación para cada mes del año.

A partir de la base cartográfica 1:5.000 del año 2.006 de la Consejería de Movilidad y Ordenación del Territorio del Gobierno de las Islas Baleares se selecciona la capa de construcciones y a partir de la EIEL se obtiene la cartografía de núcleos de población. Tal como se hizo para el análisis de la población, se identifican las construcciones sobre zona rústica y las construcciones sobre núcleos de población. A continuación se realiza el cálculo para cada unidad geográfica considerada (municipio, retículas 5x5 Km, retículas 1x1 Km.) de la superficie construida en núcleo y diseminado.

$$\text{Superficie construida Unidad Geográfica} = \text{Superficie Construida Núcleos población} + \text{Superficie Construida diseminada}$$

El cálculo del valor de las construcciones se realiza a partir de la implementación de un modelo de simulación matemático en el que se utiliza una función estadística de tipo triangular para representar cada uno de los coeficientes que incorpora la fórmula de valoración utilizada:

$$\text{Coste económico} = \sum (\text{superficie en m}^2 \times \text{Coeficiente } Q \times \text{Coeficiente } M \times \text{Coeficiente } C) \times \text{Módulo Mes}$$

Coeficiente Moderador Q. Se establece un coeficiente de calidad variable 0,8 a 1,2

Coeficiente M. Se establece un coeficiente moderador también variable 0,85 a 1.

Coeficiente C. Se establece un coeficiente de tipología constructiva variable entre 1,5 mínimo a 3.

Número de Plantas. Se establece una altura edificatoria variable de 1 a 3 alturas para las zonas urbanas y de 1 a 2 alturas para las zonas diseminadas. Se ajusta a una función de distribución estadística triangular zonas urbanas (mínimo 1, media 2, máximo 3), zonas rústicas (mínimo 1, media 1,5, máximo 2).

Módulo Mes: Euros asignados por actuación para cada mes del año. Se ha tomado el valor para el mes de Diciembre de 2008 de 685 euros.

Como resultado del proceso de simulación se obtiene el valor económico mínimo, máximo y medio por unidad geográfica en núcleo de población y en diseminado.

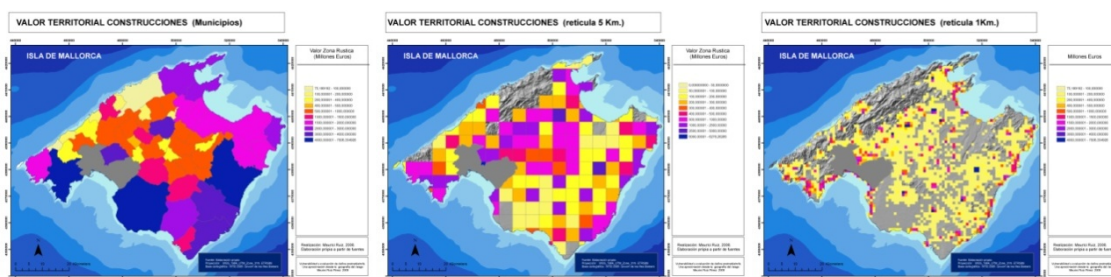


Figura 4.56. Valor Territorial derivado de las construcciones
(Anexo cartográfico: Mapas 45, 46, 47)

Resultados

La tabla 4.24. (Anexo Cartográfico: Mapa 45) presenta los datos obtenidos para los municipios de Mallorca. Los municipios que presentan mayor valor en cuanto a sus construcciones son: Manacor, Calvià, Lluçmajor, Marratxí, Felanitx, Inca y Santanyí. Se trata mayoritariamente de municipios que comparten un núcleo urbano interior con un núcleo turístico, municipios con un núcleo urbano de gran magnitud (Inca) o se encuentran en la periferia de Palma y son utilizados como ciudades dormitorio (Marratxí).

MUNICIPIO	Maximum	Minimum	Mean
ALARÓ	1.441,75	385,69	766,19
ALCUDIA	5.614,13	1.122,37	2.406,99
ALGAIDA	2.243,22	681,33	1.250,80
ANDRATX	3.452,84	992,31	1.949,25
ARIANY	587,66	145,37	303,70
ARTÀ	2.962,14	868,57	1.594,28
BANYALBUFAR	253,44	76,00	141,24
BINISALEM	2.173,09	550,48	1.091,16
BÍLAGER	331,23	102,55	195,79
BUNYOLA	1.649,29	465,13	913,75
CALVIA	12.313,55	2.682,04	6.108,52
CAMPANET	944,69	238,22	520,13
CAMPOS	4.524,47	1.348,15	2.476,78

CAPDEPERA	4.993,65	900,31	2.086,62
CONSELL	836,30	228,04	461,27
COSTITX	515,13	132,66	283,51
DEIA	328,80	94,21	179,01
ESCORCA	170,78	49,09	93,93
ESPORLES	1.099,66	319,67	585,91
ESTELLENCS	135,56	44,06	75,15
FELANITX	7.071,94	1.595,82	3.350,46
FORNALUTX	234,80	68,01	127,48
INCA	6.364,20	1.505,83	3.121,67
LLORET DE VISTALEGRE	519,68	150,94	285,25
LLOSETA	1.151,66	318,81	621,90
LLUBÍ	1.072,74	301,77	556,22
LLUCMAJOR	9.598,77	2.384,25	5.004,82
MANACOR	13.383,84	3.412,13	7.483,12
MANCOR DE LA VALL	374,11	91,99	196,01
MARIA DE LA SALUT	1.108,58	262,93	541,73
MARRATXÍ	6.226,76	1.646,88	3.325,68
MONTUIRI	1.335,44	402,53	739,18
MURO	3.601,94	897,16	1.752,76
PETRA	1.687,93	473,04	814,52
SA POBLA	3.930,96	864,61	1.987,30
POLLENÇA	4.871,62	1.483,36	2.781,19
PORRERES	2.261,11	651,79	1.258,95
PUIGPUNYENT	615,11	143,56	331,05
SES SALINES	2.031,84	477,71	1.009,24
SANT JOAN	1.059,59	293,42	587,70
SANT LLORENÇ	4.048,48	876,43	1.994,14
SANTA EUGÈNIA	583,60	177,73	330,10
SANTA MARGALIDA	4.364,18	887,48	1.979,84
SANTA MARIA DEL CAMÍ	1.679,16	486,89	920,92
SANTANYI	5.760,20	1.354,75	3.015,13
SELVA	1.319,52	376,93	741,70
SENCELLES	1.686,18	453,19	863,44
SINEU	1.645,99	420,07	779,56
SOLLER	2.601,59	687,65	1.377,01
SON SERVERA	2.919,21	909,18	1.620,32
VALLDEMOSSA	633,21	185,88	347,73
VILAFRANCA DE BONANY	1.046,87	286,71	559,64

Tabla 4.24. Valor Territorial derivado de las construcciones

En la Serra de Tramuntana y el Pla de Mallorca aparecen los municipios con menor valor del patrimonio constructivo. En especial destaca Escorca, Fornalutx, Deià, Banyalbufar y Estellencs, etc. Sin embargo, la unidad territorial municipal no permite realizar la comparación relativa de los municipios, ya que en general los municipios de pequeño tamaño, suelen también coincidir escasa valoración de sus construcciones.

Existe una importante variabilidad en el valor del patrimonio constructivo urbano y diseminado (Figura 4.57). En general, la valoración de las construcciones urbanas es más elevada en la mayoría de los casos. Si bien en algunos municipios agrícolas o en aquellos que poseen un elevada ocupación residencial del suelo rústico llega a equilibrarse (pe. Ariany, Búger, Lloret, Llubi, Montuiri, Santa Eugènia, etc). Resulta especialmente significativo el caso de Calvià, en que el valor de las construcciones urbanas supera de forma extraordinaria a las construcciones en diseminado.

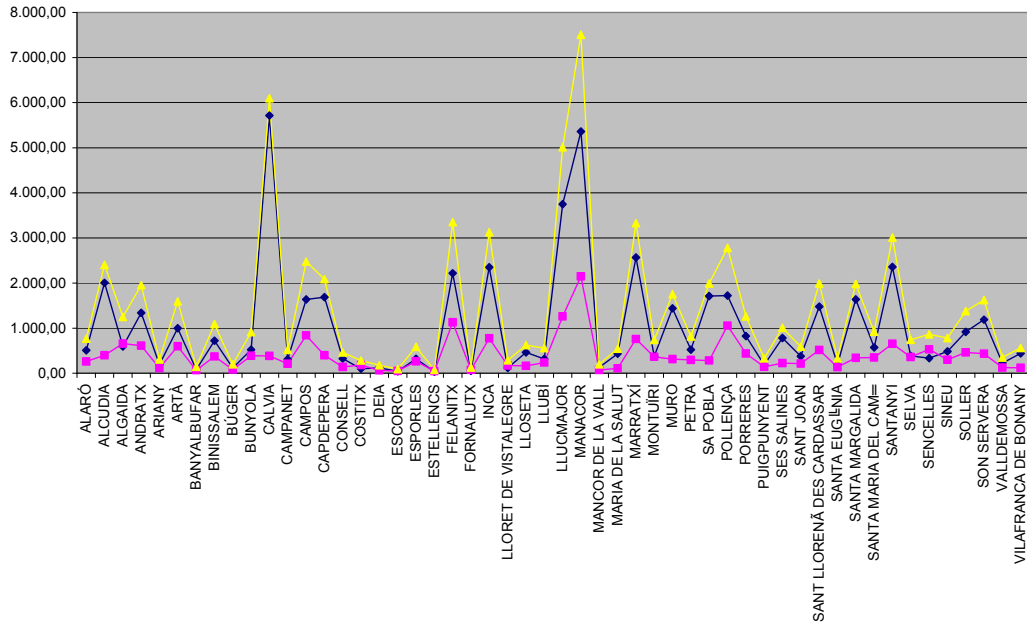


Figura 4.57. Valor construcciones en millones de euros . (rosa: diseminadas, azul: urbana, amarillo total)

La variabilidad en la valoración realizada es muy elevada por lo que resulta también aconsejable que el modelo implementado pueda ir ajustándose a partir del inventario de calidades constructivas y tipologías edificatorias. En cualquier caso el modelo evidencia una tendencia en la valoración económica del territorio en cuanto a edificaciones de gran unidad en el análisis de la exposición frente a desastres naturales.

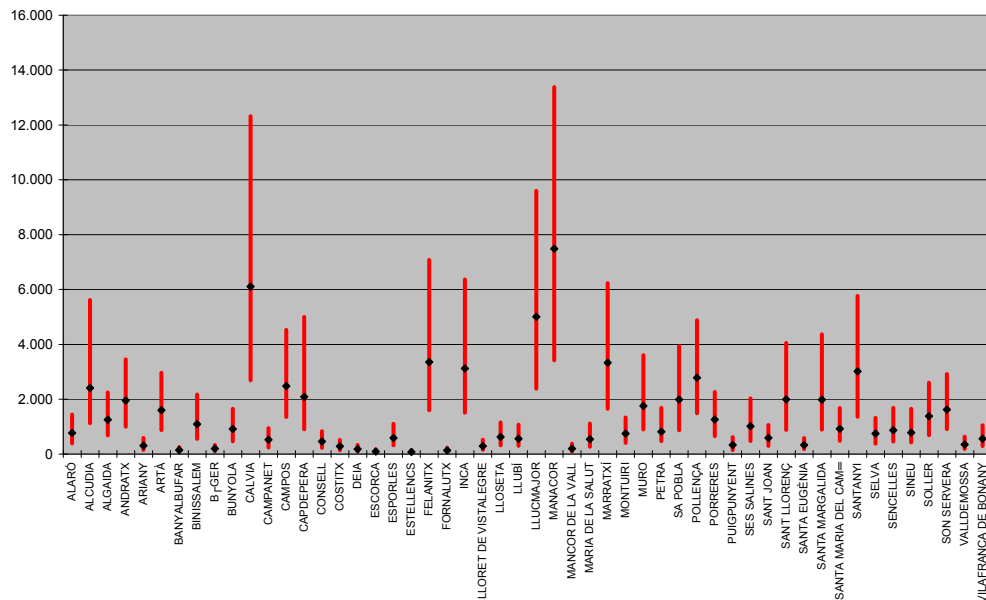


Figura 4.58. Variabilidad del valor construcciones en millones de Euros.

La figura 4.56 (Mapas 46 y 47 del Anexo Cartográfico) representan el valor de las construcciones en retículas de 5x5 Km. y 1x1 Km. respectivamente. Se evidencia una gran

dispersión de las construcciones en toda la isla siguiendo un patrón en su distribución en base a los siguientes factores:

- Proximidad a Palma.
- Proximidad al eje Palma-Inca-sa Pobla.
- Proximidad a núcleos de población y zonas turísticas: Manacor, Lluçmajor, Artà-Capdepera, Son Servera, Andratx.
- Ausencia constructiva en amplias zonas de la Serra de Tramuntana, de las Serres de Llevant (especialmente en el municipio de Artà), el Torrent de na Borges y sa Marina de Lluçmajor.

El Anexo Estadístico incluye el resultado de las simulaciones realizadas.

Valoración económica suelo rústico

Metodología

Para la evaluación del valor económico del suelo rústico se toma como base la Instrucción 3/2007 de 21 de diciembre, de la Conselleria de Economía, Hacienda e Innovación del Gobierno de las Islas Baleares por la cual se establecen los criterios que los órganos competentes de la Conselleria de Economía, Hacienda e Innovación deben considerar para la comprobación del valor real de los bienes inmuebles situados en el territorio de las islas Baleares en el impuesto sobre transmisiones patrimoniales. En dicha norma se establece un método de valoración económica del suelo rústico que aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Valor Real} = \text{Valor Básico} \times \text{Coef. tipo de cultivo} \times \text{Coef. Clasificación Territorial} \times \text{Coef. de Acceso} \times \text{Coef. del Entorno}$$

El valor real del suelo rústico es el resultado de multiplicar el valor básico (VB) que tiene el suelo rústico en función del término municipal en el que se encuentra situado por los coeficientes siguientes: coeficiente del tipo de cultivo, coeficiente de clasificación territorial, coeficiente de accesibilidad y el coeficiente de entorno.

El valor básico viene definido según la normativa mencionada por los siguientes parámetros:

- Estudios de mercado en los diferentes términos municipales
- Interpolación del valor de los terrenos declarados o aceptados con características similares a los que sean objeto de comprobación

Los precios aplicados por municipio se representan en la tabla 4.25.

MUNICIPIO	Valor Hectarea (Euros)	MUNICIPIO	Valor Hectarea (Euros)
ALGAIDA	6.635,61	SANTA MARGALIDA	9.289,85
COSTITX	6.635,61	SANTA MARIA DEL CAMÍ	9.289,85
ESCORCA	6.635,61	SANTANYI	9.289,85
LLORET DE VISTALEGRE	6.635,61	SELVA	9.289,85
PORRERES	6.635,61	SENCELLES	9.289,85

BANYALBUFAR	7.431,89	SES SALINES	9.289,85
ESTELLENC	7.431,89	SON SERVERA	9.289,85
ALARÓ	9.289,85	LLUBÍ	10.218,84
ARIANY	9.289,85	MARIA DE LA SALUT	10.218,84
ARTA	9.289,85	MONTUIRI	10.218,84
BUGER	9.289,85	SANT JOAN	10.218,84
BINISSALEM	9.289,85	SINEU	10.218,84
BUNYOLA	9.289,85	VILAFRANCA DE BONANY	10.218,84
CAMPANET	9.289,85	ALCUDIA	13.934,77
CAMPOS	9.289,85	ANDRATX	13.934,77
CAPDEPERA	9.289,85	CALVIA	13.934,77
CONSELL	9.289,85	INCA	13.934,77
ESPORLES	9.289,85	MARRATX=	13.934,77
FELANITX	9.289,85	MURO	13.934,77
LLOSETA	9.289,85	SA POBLA	13.934,77
LLUCMAJOR	9.289,85	DEIA	18.579,70
MANACOR	9.289,85	FORNALUTX	18.579,70
MANCOR DE LA VALL	9.289,85	POLLENÇA	18.579,70
PETRA	9.289,85	PUIGPUNYENT	18.579,70
SANT LLORENÇ DES CARDASSAR	9.289,85	SOLLER	18.579,70
SANTA EUGENIA	9.289,85	VALLDEMOSSA	18.579,70

Tabla 4.25. Valor Básico. Precio por Hectárea.

Coeficiente tipo de cultivo: A partir de la cartografía de ocupación del suelo procedente del proyecto europeo Corine Land Cover para el año 2.000 se realiza una reclasificación de los distintos tipos de ocupación del suelo asignando un valor del coeficiente a cada categoría de usos en función de sus características. El resultado se presenta en la tabla 4.26 de coeficiente de tipo de cultivo.

OCUPACIÓN DEL SUELO	VC	OCUPACIÓN DEL SUELO	Cnt. CORINE	VC
Frutales en secano	1,25	Mosaico de prados o praderas con espacios de vegetación naturales y semi naturales	39	1,00
Frutales en regadío	3,00	Olivares en regadío	86	3,00
Grandes superficies de equipamientos y servicios	0,00	Olivares en secano	3216	0,75
Matorral boscoso de bosque mixto	0,35	Pastizales supraforestales	572	0,75
Matorral boscoso de coníferas	0,50	Perennifolias	1288	0,50
Matorral boscoso de frondosas	0,50	Playas y dunas	443	0,00
Matorrales esclerófilos mediterráneos	0,35	Resto instalaciones deportivas y recreativas	86	0,00
Mosaico cultivos agrícolas en secano con espacios vegetación natural y semi-natural	1,00	Rocas desnudas con fuerte pendiente	862	0,20
Mosaico cultivos agrícolas en regadío con espacios naturales y semin-naturales	2,00	Urbanizaciones exentas y/o ajardinadas	6507	0,00
Mosaico cultivos en secano	1,50	Viñedos en regadío	13	3,00
Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	1,50	Viñedos en secano	44	1,50
		Zonas industriales	481	0,00

Tabla 4.26. Valor Básico. Precio por Hectárea.

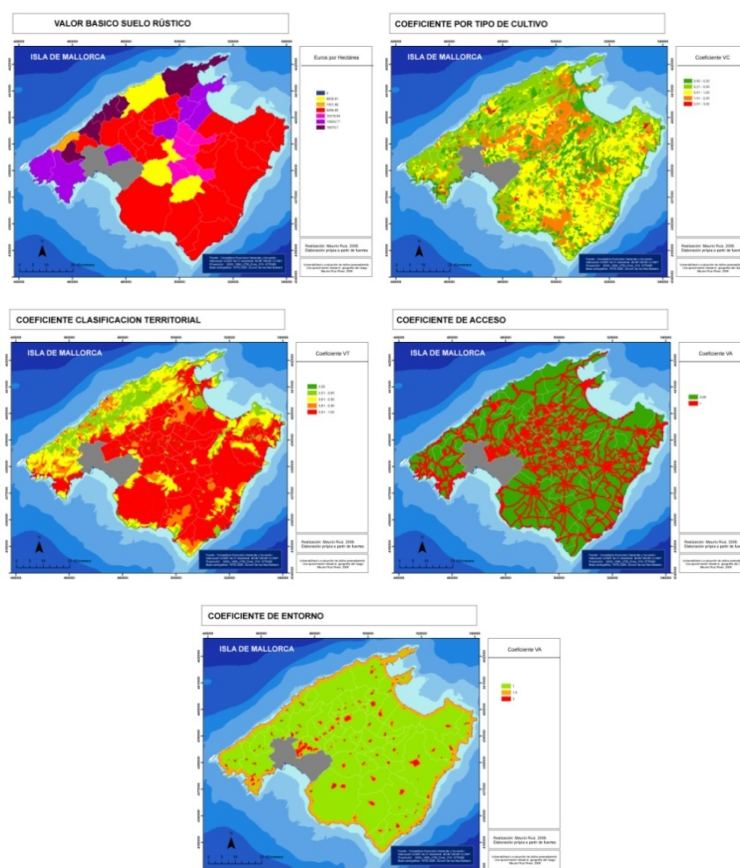


Figura 4.59. Valor Territorial Suelo Rústico. (Valor Básico Suelo Rústico, Coeficiente tipo de Cultivo, Coeficiente clasificación Territorial, Coeficiente Acceso, Coeficiente Entorno).
(Anexo cartográfico: Mapas 48, 49, 50, 51, 52)

Coeficiente de clasificación territorial: A partir de la cartografía urbanística del Plan Territorial de Mallorca, la cartografía de la Ley de Espacios Naturales se realiza una reclasificación en base a los valores del coeficiente (Tabla 4.27). Se obtiene así el Mapa 50 (Anexo Cartográfico) de coeficiente de clasificación territorial.

CLASIFICACIÓN SUELO PLAN TERRITORIAL	VT
Áreas de Alto Nivel de Protección	0,60
Áreas de Alto Nivel Protección de Suelo Rústico	0,80
Áreas de Interés Agrario	0,90
Áreas de Interés Agrario: Olivos	0,90
Áreas de Interés Agrario: Viña	0,90
Áreas Naturales de Especial Interés	0,80
Áreas Rurales de Interés Paisajístico	0,90
Áreas rurales de Interés Paisajístico. Bosques	0,90
Áreas de Transición al Crecimiento	1,00
Áreas de Desarrollo Urbano	1,00
Áreas de desenvolvament. S. UrbÓ - Urbanitzable	1,00
Áreas de Harmonización	1,00
Suelo Forestal	1,00
Sistema General en Suelo Rústico	1,00
Suelo Rústico Común	1,00

Tabla 4.27. Valor Básico. Precio por Hectárea.

Coeficiente de Acceso. Se calcula un área de influencia de 250 metros desde las carreteras comarcales, municipales y caminos asfaltados. Para ello se utiliza la capa de información de

carreteras de Mallorca que suministra la empresa TeleAtlas (<http://www.teleatlas.com>) en formato vectorial a la que se le aplica una función de creación de *Buffer* de 250 metros. A la zona de influencia se le asigna valor 1 al resto 0,85. El mapa 51 del Anexo Cartográfico presenta el Coeficiente de Acceso.

Coeficiente de entorno: A partir de las prescripciones de la normativa utilizada se realiza una reclasificación de los mapas de ocupación del suelo y del plan territorial para la obtención de los valores. También se genera un área de influencia a la costa de 1 Km. El resultado se presenta en el mapa 36.

CLASIFICACIÓN SUELO PLAN TERRITORIAL	VE
Areas de Alto Nivel de Protección	1,00
Areas de Alto Nivel Protección de Suelo Rústico	1,00
Areas de Interes Agrario	1,00
Areas de Interes Agrario: Olivos	1,00
Areas de Interes Agrario: Viña	1,00
Areas Naturales de Especial Interés	1,00
Areas Rurales de Interés Paisajístico	1,00
Areas rurales de Interés Paisajístico. Bosques	1,00
Areas de Transición al Crecimiento	3,00
Areas de Desarrollo Urbano	3,00
Areas de desenvolvament. S. UrbÓ - Urbanitzable	3,00
Areas de Harmonización	1,50
Suelo Forestal	1,00
Sistema General en Suelo Rústico	1,00
Suelo Rústico Común	1,00

Tabla 4.28. Coeficiente de entorno

El cálculo del valor del suelo rústico se realizó mediante un modelo de integración cartográfica SIG. Se crea una capa de información de tipo poligonal para el valor territorial y para cada uno de los coeficientes considerados.

El valor final se obtiene por integración de los mapas X según la fórmula establecida. Se obtiene así el mapa de Valor Territorial del Suelo Rústico.

A continuación se obtiene el valor para cada una de las unidades geográficas consideradas (municipio, retículas 5x5 Km., retículas 1x1 Km.) Figura 4.60.

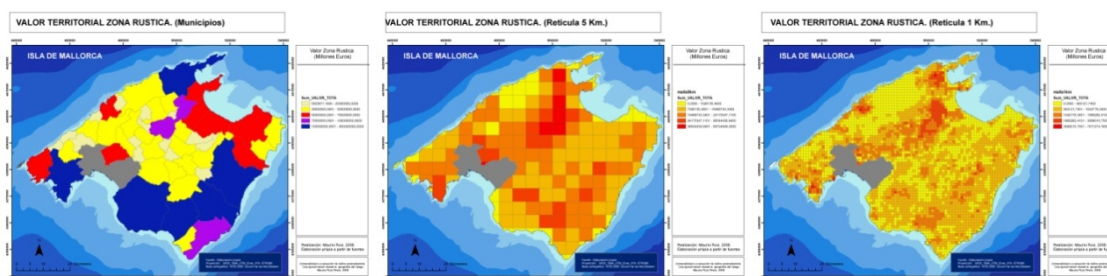


Figura 4.60. Valor Territorial Suelo Rústico
(Anexo cartográfico: Mapas 53, 54, 55)

Resultados

La distribución del valor del suelo rústico en Mallorca según los criterios considerados a nivel municipal (Figura 4.58.) muestra que los municipios que obtienen mayor valoración son: Llucmajor, Manacor, Pollença, Felanitx, Campos y Calvià. En segundo nivel se encuentra Sa Pobla, Inca, Santanyí, y posteriormente Sóller, Marratxí, Alcudia, Muro, Santa Margalida, Artà, y Sant Llorenç.

Los resultados obtenidos muestran que la valoración económica realizada está basada más en el potencial urbanizador del suelo rústico que en su propio valor agrícola. El escaso peso de la agricultura en el producto interior bruto balear provoca que la valoración del suelo rústico tiene más en cuenta factores relacionados con su urbanización potencial que propiamente sus valores agrológicos.

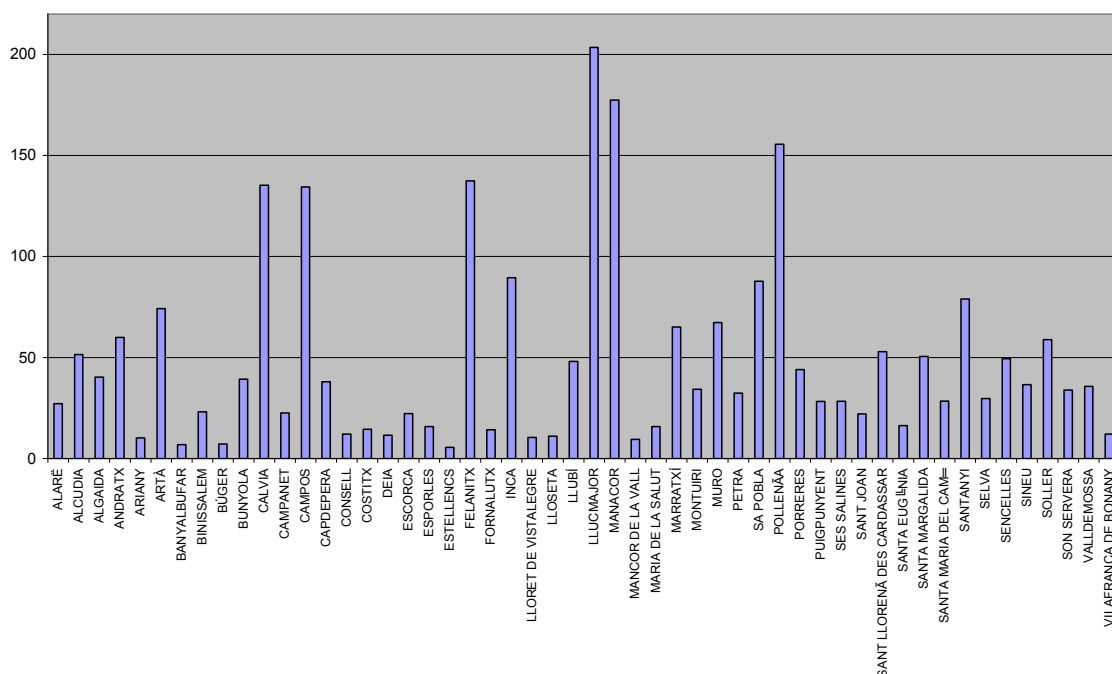


Figura 4.61. Valor Municipal suelo rústico (Millones de Euros).

Los mapas 54 y 55 del Anexo Cartográfico presentan la valoración del suelo rústico en unidades de 5x5 Km. y 1x1 Km. En ellos se observa con mayor precisión el modelo de distribución del valor las zonas rústicas de Mallorca. Las zonas más valiosas aparecen en el Pla de Mallorca, especialmente en la zona de sa Pobla, pero también se dibujan con claridad sa *Vall de Sóller* y l' *Horta de Pollença*. También aparecen importantes áreas en el municipio de Campos, Felanitx, Manacor, Artà y Calvià. Asimismo, el mapa también refleja las zonas que poseen valores agrícolas pero a su vez tienen una aptitud potencial para la urbanización, estas áreas aparecen especialmente en el municipio de Marratxí, en el eje Palma-Inca-sa Pobla.

4.3.2.4. Valoración medioambiental

Metodología

El cálculo del valor medioambiental de Mallorca se ha realizado a partir de la metodología propuesta por Brenner de valoración económica de los ecosistemas (BRENNER GUILLERMO, 2007) y comentada en el apartado 3.4.4.

Su aplicación se realiza mediante la asignación de los distintos tipos de ocupación del suelo derivados de la cartografía del proyecto Corine Land Cover (http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Teledeteccion/corine/clc/ [consultado 12.11.2009]) a cada uno de los ecosistemas que propone Brenner (Tabla 3.6). Posteriormente se le asigna el valor económico a cada tipo de ocupación, expresando el total en euros (para ello se utiliza una conversión de 1 euro = 1,3 dólares) (Tabla 4.29).

El resultado de la valoración territorial se expresa en las unidades geográficas de tipo municipal, retículas 5x5 Km y retículas de 1x1 Km. (Figura 4.62).

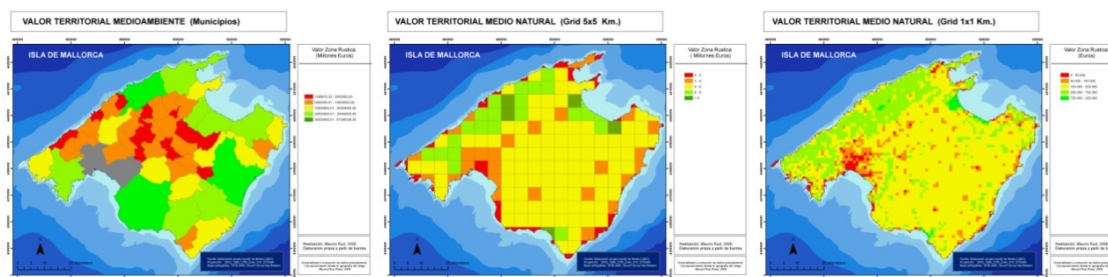


Figura 4.62. Valor territorial del medio natural
(Anexo cartográfico: Mapas 56,57,58)

DESCRIPCIÓN	Valor Hectárea
Acantilados	3.210,0
Aeropuertos	0,0
Agrícola Secano	2.140,0
Autopistas, Autovías	0,0
Bosques caducifolias	3.789,0
Bosques coníferas	3.789,0
Bosques mixtos	3.789,0
Bosques perennifolias	3.789,0
Canales artificiales	0,0
Cultivos Mixtos secano y regadío	2.140,0
Cultivos anuales asociados regadío	2.140,0
Cultivos anuales asociados secano	2.140,0
Cítricos	2.140,0
Embalses	28.589,0
Equipamientos y Servicios	0,0
Escombreras vertederos	0,0
Espacios sin vegetación	0,0
Estructura urbana abierta	0,0
Extracción minera	0,0
Frutales regadío	2.140,0
Frutales secano	2.140,0
Instalaciones deportivas	0,0
Lagos y lagunas	28.589,0
Lagunas costeras	15.146,0
Marismas	15.146,0
Matorral boscoso coníferas	3.789,0
Matorral boscoso frondosas	3.789,0
Matorral boscoso monte mixto	3.789,0
Matorral denso	3.789,0
Matorrales poco densos	3.789,0
Mosaico cultivo regadío con vegetación natural	2.140,0
Mosaico cultivo secano con vegetación natural	2.140,0
Mosaico cultivos anuales con cultivos secano	2.140,0
Mosaico cultivos anuales prados secano	2.140,0
Mosaico cultivos permanentes secano	2.140,0
Mosaico de prados con vegetación natural	230,0
Olivares secano	3.789,0
Pastizales mediterráneos	230,0
Playas y dunas	104.146,0
Prados	230,0
Regadío Herbáceos	2.140,0
Salinas	15.146,0
Urbanizaciones	0,0
Urbano continuo	0,0
Viveros regadío	2.140,0
Viveros secano	2.140,0
Zonas Industriales	0,0
Zonas Portuarias	0,0
Zonas en construcción	0,0
Zonas quemadas	0,0
Zonas verdes urbanas	6.111,0

Tabla 4.29. Valor por hectárea. (Miles de euros).

Resultados

En el modelo de distribución del valor económico del medio natural en la isla de Mallorca a nivel municipal destacan los municipios de tamaño grande, en los que la vegetación natural ocupa un porcentaje significativo. De esta forma aparecen con máximos valores los municipios de Llucmajor, Manacor, Escorca, Pollença, Bunyola, Artà. Los mínimos valores se ubican en municipios pequeños que poseen escasa superficie ocupada por áreas naturales pe. Consell, Búger, Costitx, Villafranca (Figura 4.63).

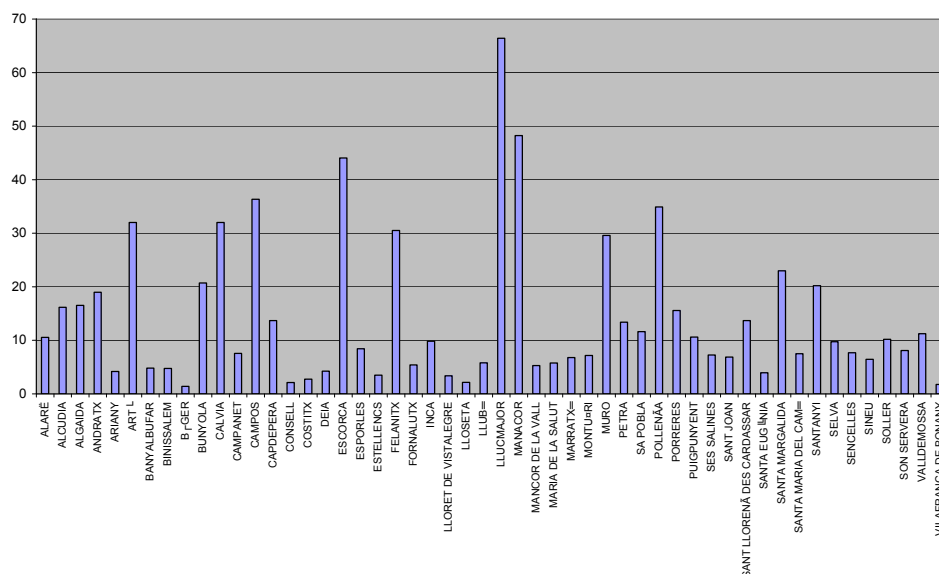


Figura 4.63. Valor Municipal medio natural (Millones de Euros) .

En cualquier caso el modelo de división municipal no refleja de forma adecuada la distribución de los valores económicos derivados de las funciones del medio natural, especialmente por diversidad en cuanto a tamaños de cada municipio. Las unidades de retícula (5x5 Km. y 1x1 Km.) representan de forma más objetiva los valores territoriales de este factor.

En los mapas de retículas se dibujan con claridad las áreas naturales de Mallorca en donde se alcanzan los mayores niveles de valoración: Serra de Tramuntana y Serres de Llevant, zonas húmedas (Albufera, Ses Salines), áreas dunares (es Trenc, Bahía de Alcudia),. Asimismo aparece un mosaico disperso de zonas con elevados valores en la zona d'es Pla de Mallorca y la Marina de Lluçmajor.

4.3.2.5. Valoración integrada

Metodología

Una vez disponemos de una aproximación al valor económico de cada uno de los factores territoriales considerados (población, infraestructuras, construcciones, suelo rústico, medio natural) para las unidades geográficas seleccionadas (municipios, retículas 5x5 Km., retículas 1x1 Km) procedemos a la obtención del valor económico total por unidad geográfica. Para ello, se realiza la suma del valor de cada factor para cada unidad según la siguiente expresión:

$$\text{Valor Integrado} = \text{Valor Población} + \text{Valor Infraestructuras} + \text{Valor Edificaciones} + \text{Valor Suelo Rústico} + \text{Valor Medioambiental}$$

Sin embargo, el valor económico de algunos factores no es un valor económico absoluto sino una función de probabilidad que oscila entre un valor mínimo, un valor medio y un valor

máximo. Por ello, el cálculo del valor integrado se resuelve nuevamente mediante un proceso de simulación matemática:

Nivel Municipal

$$\text{Valor integrado} = ([\text{Triang}(\text{Valor Población}) + [\text{Triang}(\text{Valor Infraestructuras})]) + (\text{Triang}(\text{Valor Construcciones}) + \text{Val. Suelo Rustico} + \text{Val. Medio Natural})$$

Retículas 5 x 5 Km.

$$\text{Valor integrado} = ([\text{Triang}(\text{Valor Población}) + [\text{Triang}(\text{Valor Infraestructuras})]) + (\text{Triang}(\text{Valor Construcciones}) + \text{Val. Suelo Rustico} + \text{Val. Medio Natural})$$

Retículas 1 x 1 Km.

$$\text{Valor integrado} =]*[\text{Triang}(\text{Valor económico Población}) + [\text{Triang}(\text{Valor Infraestructuras})]) + (\text{Triang}(\text{Valor Construcciones}) + \text{Val. Suelo Rustico} + \text{Val. Medio Natural})$$

En concreto para el cálculo del valor integrado se ha realizado una simulación de 10.000 casos según un modelo de muestreo *LatinHypercube* y se obtiene un modelo de distribución para el valor de cada unidad geográfica. El modelo de distribución obtenido da lugar a un valor máximo, un valor medio y un valor mínimo para cada unidad geográfica (Tabla 4.30) (Anexo Estadístico. Volumen III).

Los mapas 44, 45 y 46 representan el valor integrado a nivel municipal, retículas 5x5 Km. y retículas 1x1 Km.

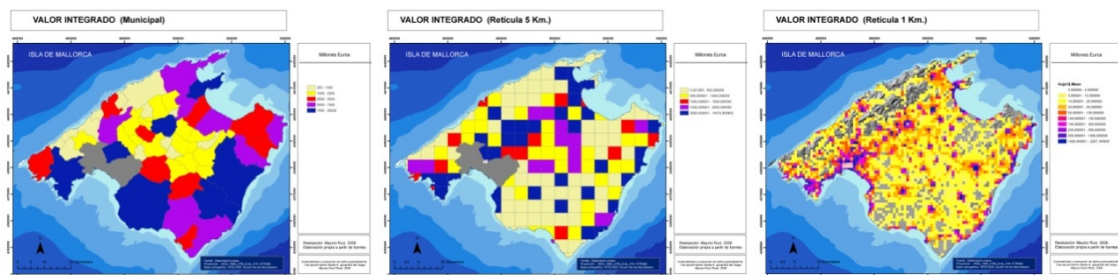


Figura 4.64. Valor Territorial Integrado.
(Anexo cartográfico: Mapas 59,60, 61)

Output Name	Minimum	Maximum	Mean	Std Dev
ALARÓ	1.274,67	2.752,63	1.967,22	247,20
ALCUDIA	4.698,12	13.838,10	8.494,63	1.387,36
ALGAIDA	1.672,88	3.763,95	2.670,82	352,70
ANDRATX	2.800,92	6.585,21	4.609,97	595,67
ARIANY	564,81	1.413,77	980,77	128,48
ARTÀ	2.850,54	6.348,29	4.517,80	535,18
BANYALBUFAR	239,91	592,76	414,45	52,69
BINISSALEM	2.468,17	5.410,60	3.798,96	480,98
B?GER	333,40	703,24	507,21	57,71
BUNYOLA	3.458,80	7.802,25	5.578,32	739,29
CALVIA	11.021,54	29.828,89	19.214,26	2.871,70
CAMPANET	720,07	1.789,90	1.225,60	164,92
CAMPOS	3.380,70	7.724,56	5.414,17	721,79
CAPDEPERA	3.945,45	11.063,56	7.123,14	1.094,36
CONSELL	804,08	1.685,92	1.213,01	145,45
COSTITX	384,16	937,08	647,58	88,26
DEIA	254,80	606,34	421,05	56,44
ESCORCA	387,25	861,54	620,11	85,05
ESPORLES	966,19	2.092,48	1.464,27	182,26
ESTELLENCS	140,88	325,46	234,23	27,39
FELANITX	4.827,32	12.228,02	8.182,15	1.245,72
FORNALUTX	217,46	488,17	343,81	41,87
INCA	5.577,03	12.865,79	9.068,65	1.164,49
LLORET DE VISTALEGRE	422,50	941,13	665,19	87,22
LLOSETA	1.145,34	2.481,52	1.776,29	206,17
LLUBÍ	1.065,02	2.346,08	1.642,35	204,76
LLUCMAJOR	7.953,54	18.236,55	12.822,88	1.703,52
MANACOR	9.883,07	23.584,11	16.477,71	2.261,19
MANCOR DE LA VALL	298,15	678,03	477,76	64,76
MARIA DE LA SALUT	637,36	1.693,18	1.123,93	184,05
MARRATXI	8.239,79	17.568,41	12.707,28	1.422,56
MONTURÍ	997,55	2.259,04	1.596,00	214,12
MURO	2.776,16	7.971,33	4.939,88	733,97
PETRA	1.435,56	3.261,94	2.259,41	304,63
SA POBLA	3.171,24	7.189,10	5.070,69	703,16
POLLENÇA	4.129,82	9.250,36	6.387,23	802,66
PORRERES	1.810,96	3.996,39	2.779,97	362,67
PUIGPUNYENT	587,68	1.312,28	935,47	118,38
SES SALINES	1.581,01	4.559,50	2.926,13	428,34
SANT JOAN	663,73	1.639,36	1.143,88	168,02
SANT LLORENÇ DES CARDASSAR	2.904,49	9.032,18	5.486,36	904,90
SANTA EUGÈNIA	572,95	1.293,43	897,12	105,10
SANTA MARGALIDA	4.402,31	10.994,32	7.331,65	1.008,65
SANTA MARIA DEL CAMÍ	1.443,93	2.977,47	2.138,56	271,18
SANTANYI	3.815,13	10.890,41	6.894,74	1.059,80
SELVA	1.079,34	2.473,25	1.738,24	220,52
SENCELLES	1.250,23	2.951,79	1.989,17	280,18
SINEU	1.325,47	3.069,77	2.133,21	293,61
SOLLER	2.592,89	5.487,50	3.925,81	470,75
SON SERVERA	2.827,42	6.639,04	4.593,54	588,55
VALLDEMOSSA	618,99	1.396,63	988,44	118,82
VILAFRANCA DE BONANY	1.092,60	2.428,16	1.750,48	214,72

Tabla 4.30. Valor municipal integrado (Millones de Euros) .

Índice de Sensibilidad Territorial

En cada una de las unidades territoriales definidas (municipios y retículas) los distintos factores considerados (población, infraestructuras, edificaciones, suelo rústico, medio ambiente) alcanzan un valor diferente. Desde el punto de vista del estudio de la vulnerabilidad territorial resulta interesante considerar cuál es el tipo de factor que alcanza mayor magnitud en cada ámbito. De esa forma se advierte de forma rápida cual es el factor que presenta mayor nivel de exposición en cada emplazamiento y es posible desarrollar medidas de prevención adecuadas en cada caso.

Si utilizamos el valor absoluto (expresado en millones de euros) en la mayoría de las unidades geográficas suele haber una preponderancia de las infraestructuras, las construcciones y la población ya que los valores derivados del valor rústico y mediambiental no pueden competir con ellos. Esta circunstancia es especialmente patente en el caso de municipios y de unidades de 5x5 Km. Por ello, hemos optado por realizar una normalización del valor económico de cada factor del siguiente modo:

- Obtención valor máximo y mínimo de valor económico para todas las unidades geográficas y todos los factores (Max, Min)
- Normalización del valor de cada factor para cada unidad geográfica en función del valor máximo y mínimo posible

$$\text{Valor Unidad Geográfica} - \text{Min} / (\text{Max} - \text{Min})$$

De esa forma se obtiene un valor porcentual (tanto por 1) de cada factor para cada unidad geográfica. Ello permite analizar de forma comparada el valor económico de cada factor para todo el territorio insular.

Proponemos el índice cualitativo de sensibilidad territorial (**IST**) para representar los factores territoriales que alcanzan mayor valoración en cada retícula. A la población le asignaremos el valor 1, a las infraestructuras el valor 2, a las edificaciones el valor 3, al suelo rústico el valor 4 y al medio natural el valor 5. El índice cualitativo de sensibilidad territorial corresponderá a un dígito de dos cifras cuya primera cifra representará el factor que alcanza mayor valor económico, y la segunda cifra el segundo factor. Es decir, cada unidad geográfica en función del valor económico de sus factores podrá tomar los siguientes valores: 12, 13, 14, 15, 21, 23, 24, 25, 31, 32, 34, 35, 41, 42, 43, 45, 51, 52, 53, 54.

Para el cálculo del IST se parte de una hoja de cálculo (*Datos*) que contiene cinco columnas con

MUNICIPIO	1. % Relativo Población	2. % Relativo Infraestructuras	3. % Relativo Edificaciones	4. % Relativo Suelo Rústico	5. % Relativo Medio Natural	Indice Sensibilidad Territorial (1)	Indice Sensibilidad Territorial (2)	Indice Sensibilidad Territorial (3)	Indice Sensibilidad Territorial (4)	Indice Sensibilidad Territorial (5)
Alaró	0,06	0,09	0,10	0,11	0,14	5,00	4,00	3,00	2,00	1,00
Alcúdia	0,44	0,33	0,37	0,23	0,23	1,00	3,00	2,00	4,00	5,00
Algaida	0,06	0,11	0,16	0,18	0,23	5,00	4,00	3,00	2,00	1,00
Andratx	0,18	0,16	0,26	0,28	0,27	4,00	5,00	3,00	1,00	2,00
Ariany	0,01	0,08	0,03	0,02	0,04	2,00	5,00	3,00	4,00	1,00
Artà	0,11	0,29	0,22	0,35	0,47	5,00	4,00	2,00	3,00	1,00
Banyalbufar	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	5,00	2,00	3,00	1,00	4,00
Binissalem	0,08	0,30	0,15	0,09	0,05	2,00	3,00	4,00	1,00	5,00
Buger	0,01	0,02	0,02	0,01	0,00	2,00	3,00	4,00	1,00	5,00
Bunyola	0,07	0,67	0,12	0,17	0,30	2,00	5,00	4,00	3,00	1,00
Calvià	1,00	0,75	0,87	0,66	0,47	1,00	3,00	2,00	4,00	5,00
Campanet	0,03	0,05	0,06	0,09	0,09	5,00	4,00	3,00	2,00	1,00
Campos	0,13	0,23	0,34	0,65	0,54	4,00	5,00	3,00	2,00	1,00
Capdepera	0,40	0,22	0,32	0,16	0,19	1,00	3,00	2,00	5,00	4,00
Consell	0,04	0,05	0,05	0,03	0,01	3,00	2,00	1,00	4,00	5,00
Costitx	0,01	0,02	0,03	0,05	0,02	4,00	3,00	2,00	5,00	1,00
Deià	0,01	0,00	0,01	0,03	0,04	5,00	4,00	3,00	1,00	2,00
Escorca	0,00	0,06	0,00	0,08	0,66	5,00	4,00	2,00	3,00	1,00
Esporles	0,05	0,04	0,07	0,05	0,11	5,00	3,00	1,00	4,00	2,00
Estellencs	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	5,00	1,00	2,00	3,00	4,00
Felanitx	0,25	0,35	0,49	0,67	0,45	4,00	3,00	5,00	2,00	1,00
Fornalutx	0,00	0,00	0,01	0,04	0,06	5,00	4,00	3,00	1,00	2,00
Inca	0,38	0,40	0,45	0,42	0,13	3,00	4,00	2,00	1,00	5,00
Lloret de Vistalegre	0,01	0,02	0,03	0,02	0,03	5,00	3,00	4,00	2,00	1,00
Lloseta	0,06	0,08	0,08	0,03	0,01	2,00	3,00	1,00	4,00	5,00
Llubí	0,02	0,11	0,07	0,22	0,07	4,00	2,00	3,00	5,00	1,00

Llucmajor	0,51	0,51	0,70	1,00	1,00	4,00	5,00	3,00	1,00	2,00
Manacor	0,58	0,64	1,00	0,87	0,72	3,00	4,00	5,00	2,00	1,00
Mancor de la Vall	0,01	0,01	0,02	0,02	0,06	5,00	4,00	3,00	1,00	2,00
Maria de la Salut	0,02	0,03	0,07	0,05	0,07	3,00	5,00	4,00	2,00	1,00
Marratxí	0,40	1,00	0,46	0,30	0,08	2,00	3,00	1,00	4,00	5,00
Montuïri	0,03	0,06	0,09	0,15	0,09	4,00	3,00	5,00	2,00	1,00
Muro	0,18	0,22	0,25	0,31	0,43	5,00	4,00	3,00	2,00	1,00
Petra	0,03	0,15	0,11	0,14	0,18	5,00	2,00	4,00	3,00	1,00
Pobla	0,14	0,26	0,27	0,42	0,16	4,00	3,00	2,00	5,00	1,00
Pollença	0,25	0,20	0,37	0,76	0,52	4,00	5,00	3,00	1,00	2,00
Porreres	0,06	0,13	0,16	0,19	0,22	5,00	4,00	3,00	2,00	1,00
Puigpunyent	0,02	0,04	0,03	0,11	0,14	5,00	4,00	2,00	3,00	1,00
Salines	0,13	0,10	0,14	0,12	0,09	3,00	1,00	4,00	2,00	5,00
Sant Joan	0,02	0,03	0,07	0,08	0,08	5,00	4,00	3,00	2,00	1,00
Sant Llorenç	0,24	0,21	0,28	0,24	0,19	3,00	4,00	1,00	2,00	5,00
Santanyí	0,25	0,25	0,41	0,37	0,29	4,00	2,00	5,00	3,00	1,00
Selva	0,05	0,07	0,09	0,12	0,13	2,00	5,00	3,00	1,00	4,00
Sencelles	0,04	0,09	0,11	0,22	0,10	3,00	4,00	5,00	2,00	1,00
Sineu	0,04	0,13	0,11	0,16	0,08	3,00	4,00	5,00	1,00	2,00
Sóller	0,19	0,13	0,18	0,27	0,14	5,00	4,00	3,00	2,00	1,00
Son Servera	0,20	0,19	0,22	0,14	0,10	4,00	3,00	5,00	2,00	1,00
Sta Eugènia	0,02	0,05	0,03	0,05	0,04	4,00	2,00	3,00	5,00	1,00
Sta Margalida	0,28	0,46	0,29	0,23	0,33	4,00	1,00	3,00	5,00	2,00
Sta Maria	0,06	0,08	0,12	0,12	0,09	3,00	1,00	2,00	4,00	5,00
Valldemossa	0,02	0,04	0,04	0,15	0,15	4,00	5,00	2,00	3,00	1,00
Vilafranca de Bonany	0,03	0,13	0,07	0,03	0,01	2,00	3,00	4,00	1,00	5,00

Tabla 4.31. Índice Sensibilidad Territorial

el valor correspondiente a cada factor territorial normalizado, sobre la que se ha construido un programa para la identificación del factor de mayor en cada unidad geográfica. El sistema consiste en realizar una ordenación de los valores de cada fila, en una hoja de cálculo paralela e identificar el orden de los factores.

La figura 4.65 representa los mapas de IST para las distintas unidades geográficas establecidas.

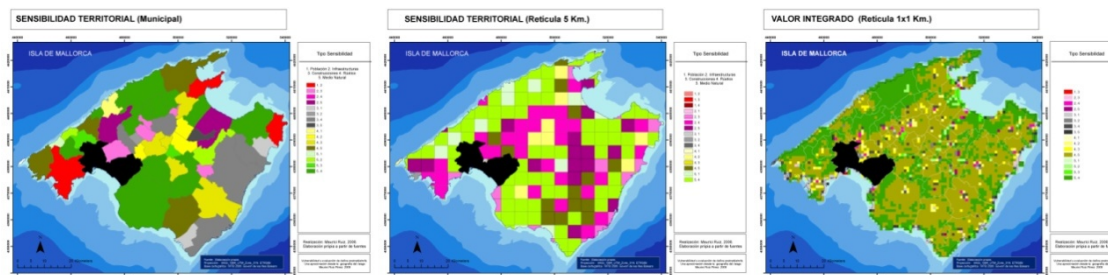


Figura 4.65 Índice de Sensibilidad Territorial
(Anexo Cartográfico: Mapas 62,63,64)

Resultados

La distribución del valor integrado en la isla de Mallorca se caracteriza por las siguientes pautas:

- Elevado valor territorial en las zonas urbanas. A este respecto en los mapas de retículas se dibujan con claridad los núcleos urbanos de los distintos municipios así como las zonas costeras.
- Máximos valores en el eje Palma-Inca. En base a la valoración de las edificaciones, la población residente y las infraestructuras este sector destaca de forma clara sobre el resto de zonas.
- Las zonas naturales con menor grado de influencia antrópica (población, construcciones e infraestructuras) son las que alcanzan menores valores. Éstas se localizan en la Serra de Tramuntan, Serres de Llevant (Artà), y áreas del torrent de na Borges, marina de Llucmajor y áreas naturales de Santanyí.

La distribución municipal del valor integrado muestra que los municipios que concentran mayor valoración son los siguientes: Calvià, Manacor, Llucmajor, Marratxí, Alcudia, Inca, Felanitx, Santa Margalida, Santanyí, Muro, Pollença. (Figura 4.66). El grado de variabilidad del valor económico que pueden tomar dichos municipios es también proporcional a su propia magnitud.

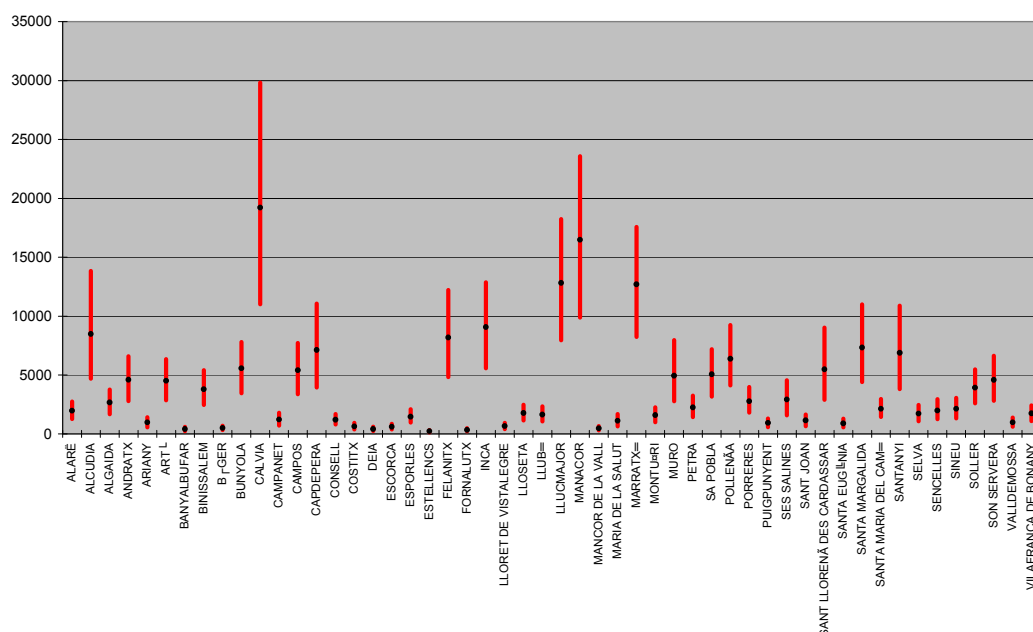


Figura 4.66. Valor Territorial Integrado. (Millones de Euros) .

En general, la valoración repite las pautas de la capacidad económica de los municipios, por lo que se evidencia que la carga de población e infraestructuras es la mayormente responsable de estos niveles de valoración.

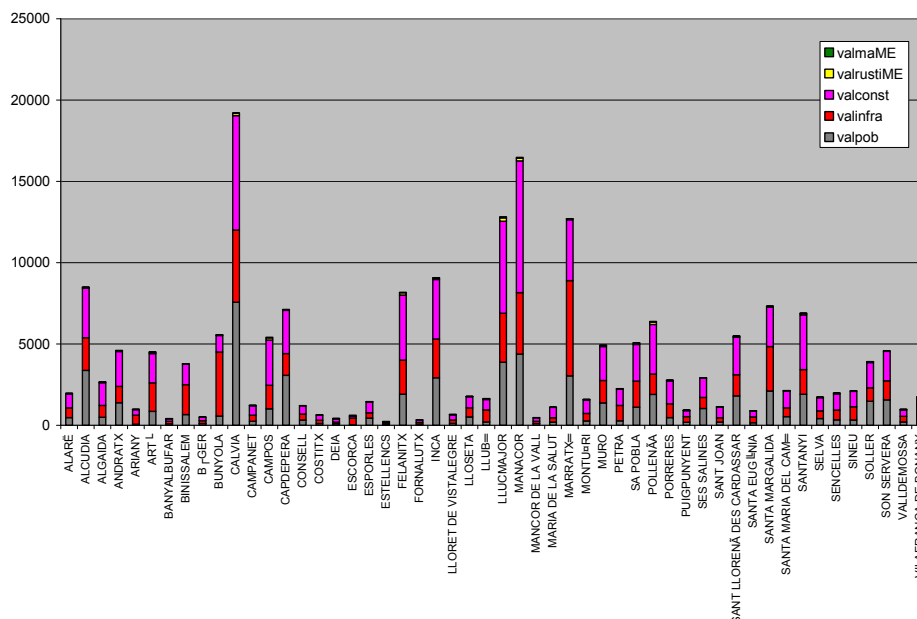


Figura 4.67. Valor Municipal suelo rústico. (Millones de Euros)

La figura 4.67, representa la aportación de cada uno de los factores territoriales considerados al valor territorial total a nivel municipal. Podemos observar la preponderancia de los tres primeros factores (población, infraestructuras, construcciones) sobre los dos últimos (valor rústico, valor mediambiental). En general se da una tendencia al equilibrio de los tres factores población/infraestructuras/edificación en gran parte de los municipios. Sin embargo se producen

variaciones derivadas sobre todo entre infraestructuras y los demás factores en su mayoría derivadas de la existencia de equipamientos supramunicipales en algunos municipios.

En la figura 4.68, se ha ampliado la visualización del valor del suelo rústico y el medio ambiente. Observamos también que el orden de magnitud de la valoración sitúa siempre al medioambiente peor valorado que el valor del suelo rústico en todos los casos.

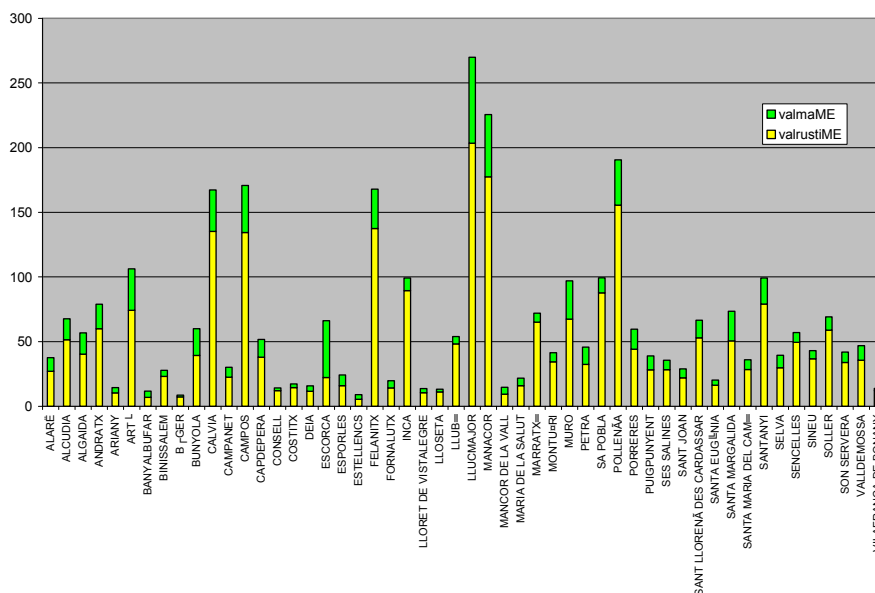


Figura 4.68. Valor del suelo rústico y valor económico medioambiente (Millones de Euros)

En un análisis de correlación de la valoración económica de los distintos factores observamos diferencias importantes según la unidad geográfica de referencia utilizada. (Anexo Estadístico). Mientras a nivel municipal parece existir una clara relación entre todos los factores (Tabla 4.32). Comprobamos que a medida que pasamos a las unidades de tipo retícula 5x5 Km. o 1x1 Km. dichas relaciones van disminuyendo e incluso dejan de ser significativas. (Tablas 4.33, 4.34).

Correlations						
Spearman's rho	valpob		valpob	valinfra	valconst	valrustIME
		Correlation Coefficient	1,000	,886**	,971**	,833**
		Sig. (2-tailed)	.	,000	,000	,000
		N	52	52	52	52
	valinfra	Correlation Coefficient	,886**	1,000	,910**	,841**
		Sig. (2-tailed)	,000	.	,000	,000
		N	52	52	52	52
	valconst	Correlation Coefficient	,971**	,910**	1,000	,903**
		Sig. (2-tailed)	,000	,000	.	,000
		N	52	52	52	52
	valrustIME	Correlation Coefficient	,833**	,841**	,903**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	.
		N	52	52	52	52
	valmaME	Correlation Coefficient	,644**	,665**	,701**	,822**
		Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000
		N	52	52	52	52

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Tabla 4.32. Correlación entre el valor de los factores territoriales: población, infraestructuras, edificación, suelo rústico, medio ambiente. Nivel Municipal.

Correlations			VALPOB	INFRAMED	CONSTOT	RUSTIC	MILMEDIAMB
Spearman's rho	VALPOB	Correlation Coefficient	1,000	,738**	,954**	,506**	-,060
		Sig. (2-tailed)	.	,000	,000	,000	,408
		N	193	193	193	193	193
	INFRAMED	Correlation Coefficient	,738**	1,000	,833**	,674**	,230**
		Sig. (2-tailed)	,000	.	,000	,000	,001
		N	193	193	193	193	193
	CONSTOT	Correlation Coefficient	,954**	,833**	1,000	,640**	-,012
		Sig. (2-tailed)	,000	,000	.	,000	,869
		N	193	193	193	193	193
	RUSTIC	Correlation Coefficient	,506**	,674**	,640**	1,000	,357**
		Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	.	,000
		N	193	193	193	193	193
	MILMEDIAMB	Correlation Coefficient	-,060	,230**	-,012	,357**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,408	,001	,869	,000	.
		N	193	193	193	193	193

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Tabla 4.33. Correlación entre el valor de los factores territoriales: población, infraestructuras, edificación, suelo rústico, medio ambiente. Nivel retícula 5x5 Km.

Correlations			pobeuros	inf	construc	rusticme	ma
Spearman's rho	pobeuros	Correlation Coefficient	1,000	,559**	,968**	,478**	-,432**
		Sig. (2-tailed)	.	,000	,000	,000	,000
		N	3889	3889	3889	3889	3889
	inf	Correlation Coefficient	,559**	1,000	,574**	,351**	-,287**
		Sig. (2-tailed)	,000	.	,000	,000	,000
		N	3889	3889	3889	3889	3889
	construc	Correlation Coefficient	,968**	,574**	1,000	,502**	-,471**
		Sig. (2-tailed)	,000	,000	.	,000	,000
		N	3889	3889	3889	3889	3889
	rusticme	Correlation Coefficient	,478**	,351**	,502**	1,000	-,185**
		Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	.	,000
		N	3889	3889	3889	3889	3889
	ma	Correlation Coefficient	-,432**	-,287**	-,471**	-,185**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000	.
		N	3889	3889	3889	3889	3889

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Tabla 4.34. Correlación entre el valor de los factores territoriales: población, infraestructuras, edificación, suelo rústico, medio ambiente. Nivel retícula 1x1 Km.

Los mapas de sensibilidad territorial muestran los factores clave en cada una de las unidades geográficas consideradas. A nivel municipal (Mapa 47) destacan los municipios de Alcudia, Calvià y Capdepera como municipios con carga poblacional e infraestructural elevada. Marratxí, Binissalem, Búger municipios cuyos valores prioritarios son las infraestructuras y las edificaciones. Lluçmajor, Artà, y la mayor parte de municipios de la Serra de Tramuntana en las que los valores agrícolas y naturales toman también una significación singular.

Los valores de sensibilidad territorial en las retículas de 5x5 Km. y 1x1 Km. (Figura 4.63) evidencian el carácter medioambiental prioritario de la isla con una dominancia generalizada de los valores del suelo rústico y medioambiental. Las infraestructuras y edificaciones aparecen de forma localizada en núcleos urbanos y zonas turísticas.

Observamos que el modelo desarrollado presenta diferencias significativas en relación a las unidades geográficas utilizadas por tanto el factor de escala geográfica juega un papel determinante. En este sentido se considera que la escala municipal presenta limitaciones importantes respecto a la interpretación de los datos. La valoración económica de los municipios

se relaciona en gran medida con su dimensión geográfica. De hecho se podría decir que en la isla de Mallorca existe una distribución homogénea de la población, infraestructuras y equipamiento, ya que a municipios de mayor tamaño se produce mayor población, mayor número y valor de las infraestructuras, más edificaciones, más valores agrícolas y más valores medioambientales.

Por ello desde el punto de vista de valoración económica territorial es necesaria la utilización de unidades geográficas de tamaño homogéneo y de dimensión lo más reducida posible que permitan detectar diferencias significativas ligadas a la localización.

Asimismo, el modelo aplicado evidencia la dificultad de realizar una valoración integrada de factores cuyo orden de magnitud sea muy diferente (pe. infraestructuras/valores medioambientales). En este sentido, el análisis independiente de factores y la valoración cualitativa de los mismos mediante normalización ha sido la opción escogida para poder trabajar de forma integrada.

El margen de incertidumbre de la valoración económica realizada es muy elevado y se debe a la propia incerteza en la valoración de los distintos factores considerados: la población existente (residente, vinculada, turística), el valor económico asignado a la población, el precio de las infraestructuras, el valor de las edificaciones en función de sus características, la valoración del suelo rústico (más basada en el potencial urbanizador del suelo que en su propio valor agrológico) o la valoración del medio natural realizada en base a valoraciones genéricas a nivel internacional. Llegar a mayor nivel de detalle supone sin duda incrementar el grado de detalle y aumentar la escala geográfica de análisis.

A pesar de los posibles errores de magnitud los resultados obtenidos sí son una buena aproximación a la valoración del territorio a una escala regional y sin duda puede servir de base al estudio de la exposición territorial frente a peligros naturales.

4.3.3. Evaluación de la Vulnerabilidad por Exposición

Metodología

A partir de la información sobre el valor económico de cada unidad territorial (población, infraestructuras, edificaciones, suelo rústico, medio natural) y el porcentaje de territorio expuesto a los diferentes peligros territoriales considerados (inundación, deslizamiento, incendio, sísmico) evaluamos el grado de exposición según la siguiente expresión:

$$\text{Exposición} = \text{Valor Territorial} \times \text{Territorio Expuesto}$$

Un desarrollo en detalle de dicha expresión para el caso de la población, nos lleva a la siguiente formulación:

Exposición Población Peligro Inundación (EP1) = Valor Población x % Territorio expuesto a Peligro de Inundación
Exposición Población Peligro Deslizamiento (EP2) = Valor Población x % Territorio expuesto a Pel. Delizamiento
Exposición Población Peligro Incendio (EP3) = Valor Población x % Territorio expuesto a Peligro de Incendio
Exposición Población Peligro Sísmico (EP4) = Valor Población x % Territorio expuesto a Peligro sísmico

Con objeto de proporcionar un valor integrado de exposición podemos agregar la exposición de la población asignando un peso proporcional a cada peligro :

$$\text{Exposición Población} = 0,25 \text{ EP1} + 0,25 \text{ EP2} + 0,25 \text{ EP3} + 0,25 \text{ EP4}$$

Recordemos :

$$\text{Territorio Expuesto (TE)} = 0,25 * \text{TE Inundación} + 0,25 \text{ TE Delizamiento} + 0,25 \text{ TE Incendio} + 0,25 \text{ TE Sísmico}$$

Con lo cual podríamos simplificar el proceso :

$$\text{Exposición Población} = \text{Valor Población} \times \% \text{ Territorio Expuesto}$$

Si el procedimiento se realiza para los cinco factores considerados :

$$\text{Exposición} = \sum_{p=1}^4 \sum_{f=1}^5 [\text{Valor}(f)] \times [\text{Territorio Expuesto}(p)]$$

p=peligro, f = factor territorial

$$\text{Exposición} = \sum_{f=1}^5 [\text{Valor}(f)] \times [\text{Territorio Expuesto Integrado}]$$

$$\text{Exposición} = [\text{Valor Integrado}] \times [\text{Territorio Expuesto Integrado}]$$

Tabla 4.35. Vulnerabilidad por Exposición

Tras el análisis del Territorio Expuesto a los peligros naturales y el cálculo del valor económico del Territorio se dispone de información del valor económico (mínimo, medio y máximo) de cada unidad geográfica considerada: municipio, retícula 5x5 y retícula 1x1.

A partir de la información del valor económico y la exposición total, generamos un nuevo modelo de simulación “Latin Hypercube” de 10.000 casos. Para ello, ajustamos el valor final a una función estadística triangular RiskTriang (valor mínimo, valor medio, valor máximo) que multiplicamos por el valor de Exposición Integrada (Exp_Tot).

$$\text{RiskTriang}(\text{final_min}; \text{final_med}; \text{final_max}) * \text{Exp_Tot}$$

Así obtenemos una valoración del nivel de exposición de cada unidad geográfica municipal (Tabla 4.36).

Output Name	Minimum	Maximum	Mean	Std Dev
Alaró	614,315247	1364,75037	990,744527	124,65199
Alcúdia	1999,4303	5885,89795	3642,33673	589,718559
Algaida	533,65979	1213,34668	853,148362	113,22134
Andratx	1630,63904	3682,83789	2623,09788	338,392582
Ariany	192,996002	453,354523	320,023995	41,7655728
Artà	1337,9718	2947,21924	2095,62183	249,053568
Banyalbufar	167,935104	416,013153	274,474251	34,7477217
Binissalem	607,217957	1432,52502	1002,3666	126,367723
Buger	101,855392	211,157242	150,005829	17,104997
Bunyola	1880,62463	4231,77783	3061,68766	402,907831
Calvià	4938,14111	13513,6924	8957,15818	1324,52196
Campanet	373,212128	828,793579	586,493306	78,5947416
Campos	1181,71313	2791,54883	1943,38274	261,146129
Capdepera	1574,57983	4736,29785	3003,41778	465,22402
Consell	198,047226	434,536499	303,943966	36,5038552
Costitx	112,192825	267,487183	190,968421	25,8974639
Deià	172,778595	402,622681	281,433479	38,0186025
Escorca	261,875	575,487305	415,801402	57,219574
Esporles	552,383118	1182,56531	828,165234	103,231589
Estellencs	94,3604813	213,503433	151,089016	17,5517884
Felanitx	1458,43884	3709,9231	2526,99928	385,205264
Fornalutx	149,187607	333,685455	236,989119	28,6755696
Inca	1611,7207	3882,7417	2638,67922	337,700143
Lloret de Vistalegre	134,032501	302,71225	210,240069	27,6068453
Lloseta	442,849701	974,473389	699,955856	81,487965
Llubí	300,873535	654,221741	465,660996	58,2907853
Llucmajor	2838,03564	6595,56982	4452,95841	592,739587
Manacor	3306,09497	7867,45898	5345,53655	732,101073
Mancor de la Vall	163,194717	384,669281	266,180818	35,9935421
Maria de la Salut	225,344559	552,814087	370,350155	60,3453423
Marratxí	2479,42676	5198,49658	3732,74021	421,77904
Montuïri	289,397552	659,130066	464,665666	61,9509349
Muro	1013,28064	2704,4209	1771,0586	265,45181
Petra	475,05835	1102,12146	758,502851	102,20489
Pobla	1121,19519	2682,33618	1882,05916	260,619372
Pollença	2287,92725	5172,81641	3562,99569	448,78399
Porreres	538,390198	1211,03833	851,06005	111,208966
Puigpunyent	345,148041	790,473389	557,534801	70,1244913

Salines	531,387634	1457,83557	946,800406	138,095882
Sant Joan	206,497269	497,43631	336,77659	49,2582427
Sant Llorenç	962,032532	2880,14429	1819,77789	297,973465
Santanyi	1223,54797	3308,95483	2171,61778	336,002099
Selva	494,917511	1140,47913	793,287938	101,339618
Sencelles	342,150665	841,363159	571,739804	80,3827466
Sineu	417,736938	957,149475	664,37349	91,9210656
Sóller	1565,93054	3452,00098	2412,75823	290,207927
Son Servera	1023,76154	2451,56006	1635,10084	208,437715
Sta Eugènia	204,49025	441,823639	318,443634	37,421426
Sta Margalida	1522,99646	3786,53149	2553,42872	349,03609
Sta Maria	534,039307	1152,27222	831,723303	104,59867
Valldemossa	376,856415	869,604187	590,409996	70,9599056
Vilafranca de Bonany	304,007629	673,5047	485,104685	59,1451878

Tabla 4.36. Exposición Territorial. Nivel Municipal.

Realizamos el mismo procedimiento para el cálculo de la Exposición para las retículas 5 x 5 Km, y de 1 x 1 Km. (Anexo Estadístico).

Con objeto de disponer de información del nivel de exposición de cada unidad territorial a cada uno de los peligros territoriales analizados, así como información sobre la exposición de cada elemento territorial considerado (población, infraestructuras, construcciones, suelo rústico, medio natural) a los diferentes peligros, procederemos realizando el producto de los valores económicos de cada elemento y los porcentajes de exposición calculados en cada caso. De esta forma para cada unidad geográfica considerada se obtienen los atributos presentados en la tabla 4.37. Las tablas con los resultados para cada unidad geográfica se incluyen en el Anexo Estadístico.

1	Nº RETICULA	53	Porcentaje del valor retícula en función del suelo rústico (tanto por 1)
2	Hectáreas Unidad Geográfica	54	Valor Medio Ambiente Natural (Euros)
3	Hectáreas No Expuestas Inundación	55	Valor Medio Ambiente Natural (Meuros)
4	Hectáreas Expuestas Inundación	56	Porcentaje del valor retícula en función del medio ambiente natural (tanto por 1)
5	Porcentaje expuesto inundación	57	Valor Mínimo. (Meuros)
6	Hectáreas no expuestas a deslizamiento	58	Valor Máximo (Meuros)
7	Hectáreas Expuestas Peligro Deslizamiento Nivel Bajo	59	Valor Medio (Meuros)
8	Hectáreas Expuestas Peligro Deslizamiento Nivel Medio	60	Desviación Estándar Valor retícula
9	Hectáreas Expuestas Peligro Deslizamiento Máximo	61	Porcentaje valor población (sensibilidad 1)
10	Hectáreas Totales Expuestas al peligro deslizamiento	62	Porcentaje valor infraestructuras (Sensibilidad 2)
11	Porcentaje expuesto a deslizamiento	63	Porcentaje valor construcciones (Sensibilidad 3)
12	Hectáreas sin peligro de incendio	64	Porcentaje valor suelo rústico (Sensibilidad 4)
13	Hectáreas peligro incendio muy bajo	65	Porcentaje valor medio ambiente natural (Sensibilidad 5)
14	Hectáreas peligro incendio bajo	66	Índice Sensibilidad (nivel 1)
15	Hectáreas peligro incendio medio	67	Índice Sensibilidad (nivel 2)
16	Hectáreas peligro incendio alto	68	Índice Sensibilidad (nivel 3)
17	Hectáreas peligro incendio muy alto	69	Índice Sensibilidad (nivel 4)
18	Hectáreas en peligro de incendio	70	Índice Sensibilidad (nivel 5)
19	Porcentaje municipio expuesto peligro incendio	71	Población expuesta inundación (MEuros)
20	Hectáreas Peligro sísmico nivel 1/12	72	Población expuesta deslizamientos (MEuros)
21	Hectáreas Peligro sísmico nivel 2/12	73	Población expuesta incendio (MEuros)

22	Hectáreas Peligro sísmico nivel 3/12	74	Población expuesta sísmico (MEuros)
23	Hectáreas Peligro sísmico nivel 4/12	75	Infraestructura expuesta inundación (MEuros)
24	Hectáreas Peligro sísmico nivel 5/12	76	Infraestructura expuesta deslizamientos (MEuros)
25	Hectáreas Peligro sísmico nivel 6/12	77	Infraestructura expuesta incendio (MEuros)
26	Hectáreas Peligro sísmico nivel 7/12	78	Infraestructura expuesta sísmico (MEuros)
27	Hectáreas Peligro sísmico nivel 8/12	79	Construcciones expuestas inundación (MEuros)
28	Hectáreas Peligro sísmico nivel 9/12	80	Construcciones expuestas deslizamientos (MEuros)
29	Hectáreas Peligro sísmico nivel 10/12	81	Construcciones expuestas incendio (MEuros)
30	Hectáreas Peligro sísmico nivel 11/12	82	Construcciones expuestas sísmico (MEuros)
31	Hectáreas Peligro sísmico nivel 12/12	83	Rústico expuesto inundación (MEuros)
32	Hectáreas en peligro sísmico	84	Rústico expuesto deslizamientos (MEuros)
33	Porcentaje de superficie en peligro sísmico	85	Rústico expuesto incendio (MEuros)
34	Exposición total a los peligros (Sumatorio Superficies Expuestas/Superficie retícula *4)	86	Rústico expuesto sísmico (MEuros)
35	Población en retícula	87	Medio natural expuesto inundación (MEuros)
36	Valor población (MEuros)	88	Medio Natural expuesto deslizamientos (MEuros)
37	Porcentaje del valor de la retícula en función de la población (tanto por 1)	89	Medio Natural expuesto incendio (MEuros)
38	Valor Infraestructuras (Valor mínimo) Euros	90	Medio Natural expuesto sísmico (MEuros)
39	Valor Infraestructuras (Valor máximo) Euros	91	Valor total Expuesto Inundación (MEuros)
40	Valor Infraestructuras (Valor Medio) Euros	92	Valor Total Expuesto Deslizamientos (Meuros)
41	Valor Infraestructuras (MEuros)	93	Valor Total Expuesto Incendio Forestal (Meuros)
42	Porcentaje del valor de la retícula en función de la infraestructura (tanto por 1)	94	Valor Total Expuesto Sísmico (Meuros)
43	Valor construcciones urbanas. Valor Mínimo (Meuros)	95	Valor Mínimo (MEuros)
44	Valor construcciones urbanas. Valor Máximo (Meuros)	96	Valor Max (MEuros)
45	Valor construcciones urbanas. Valor Medio (Meuros)	97	ValorMed (Meuros)
46	Valor construcciones diseminadas. Valor Mínimo (Meuros)	98	Vulnerabilidad por Exposición Mínima (Meuros)
47	Valor construcciones diseminadas. Valor Medio (Meuros)	99	Vulnerabilidad por Exposición Máxima (MEuros)
48	Valor construcciones urbanas. Valor Máximo (Meuros)	100	Vulnerabilidad por Exposición Media (Meuros)
49	Valor Medio Construcciones (Meuros)	101	Vulnerabilidad Integrada Mínima (Meuros)
50	Porcentaje del valor de la retícula en función de las construcciones (tanto por 1)	102	Vulnerabilidad Integrada Media (Meuros)
51	Valor Suelo Rústico (Euros)	103	Vulnerabilidad Integrada Máxima (Meuros)
52	Valor Suelo Rústico (Meuros)		

Tabla 4.37. Atributos Tablas Anexo

Estas tablas finales de vulnerabilidad por exposición para las unidades geográficas obtenidas representan el total de atributos disponibles sobre valor económico y territorio expuesto.

Resultados

La figura 4.69 representa el valor total en millones de euros expuesto a los peligros territoriales considerados (inundación, deslizamiento, incendio y sísmico) en cada municipio a partir de la representación de los valores de la Tabla 4.36. El valor total representa el valor agregado de la población, las infraestructuras, las construcciones, el suelo agrícola y el medio ambiente natural. Los resultados establecen un nivel de exposición para cada municipio pudiéndose identificar aquellos municipios que concentran más exposición frente a los menos expuestos. Tal y como remarcamos en el apartado anterior, las unidades territoriales municipales al poseer una superficie diferente ofrecen un resultado difícilmente comparable, sin embargo los resultados a nivel municipal proporcionan una información de fácil interpretación y de gran utilidad para el desarrollo de actuaciones de planificación o prevención a una escala regional.

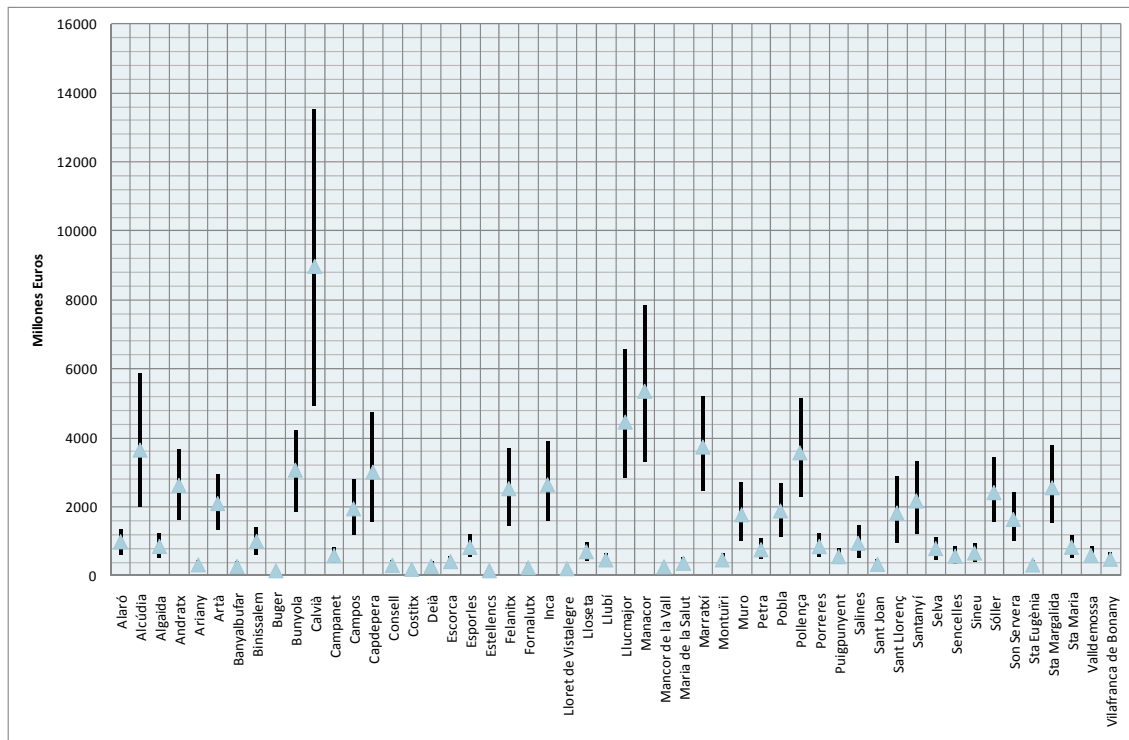


Figura 4.69. Exposición Territorial de los Municipios de Mallorca

El gráfico establece una clara jerarquización de la vulnerabilidad de los municipios de Mallorca y establece un orden de prioridad en las actuaciones de prevención.

Los resultados obtenidos señalan al municipio de Calvià como el que presenta mayor grado de exposición territorial. Ello se debe fundamentalmente a dos circunstancias, en primer lugar a que es uno de los municipios que concentra mayor valor territorial y en segundo término a que también es el municipio que posee mayor porcentaje de territorio expuesto. A su vez en Calvià se observa que existe una gran incertidumbre en cuanto al valor exacto de vulnerabilidad por exposición, con valores que oscilan entre 4.938 y 13.513 millones de euros. Es decir el margen de pérdidas potenciales es muy amplio.

Después de Calvià, aparecen a cierta distancia los municipios de Manacor, Lluçmajor, Marratxí, Alcúdia, Pollença, Bunyola y Capdepera, cuyos valores expuestos dibujan una recta que va reduciendo el valor de bienes expuestos llegando hasta el municipio de Búger que presenta el menor nivel de exposición (Figura 4.70).

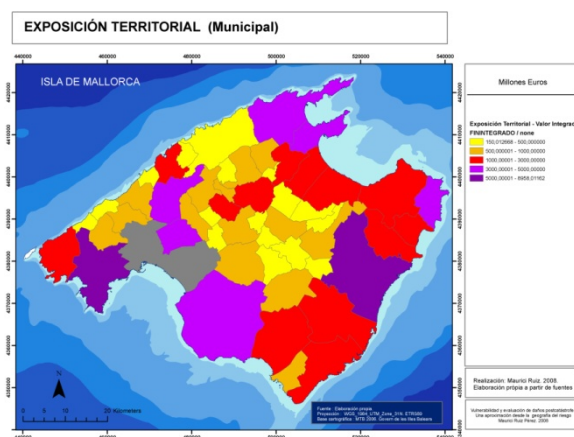


Figura 4.70. Exposición Territorial a nivel municipal.
(Anexo cartográfico: Mapa 65)

Si analizamos los resultados de exposición para cada uno de los peligros territoriales considerados, comprobamos que los resultados son diferentes para cada uno de ellos. En cuanto la exposición a la inundación, Muro es el municipio que alcanza mayor valor de exposición llegando a valores de 2.500 millones de euros expuestos. En segundo término, le siguen Sa Pobla, Campos, Alcudia y Marratxí. (Figura 4.71).

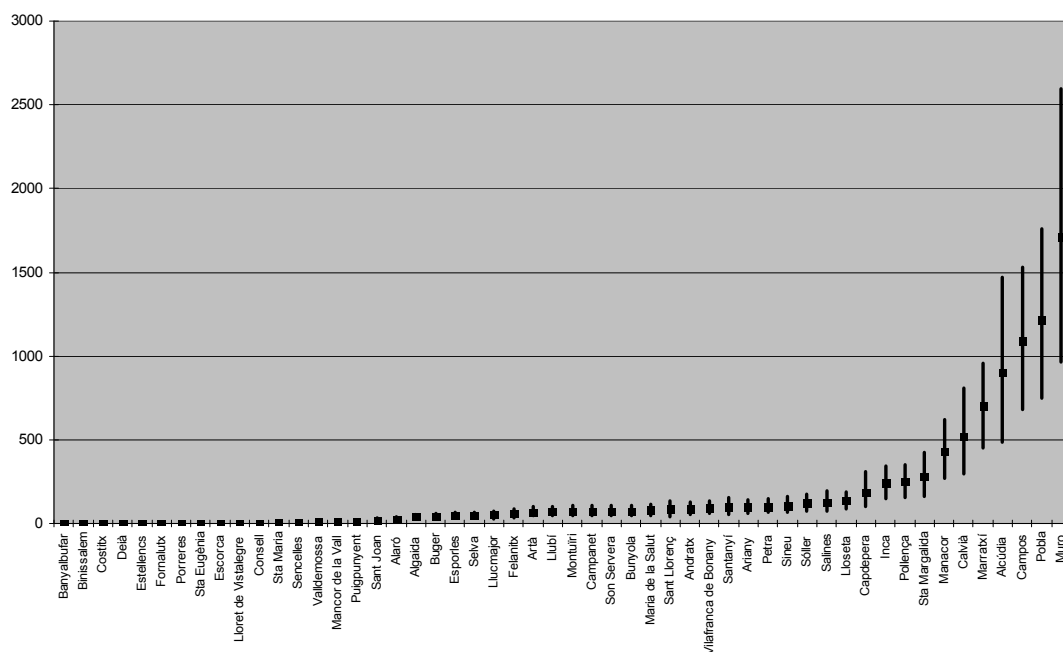


Figura 4.71. Exposición Territorial. Valor Integrado / Territorio Expuesto Peligro Inundación. Millones de Euros

La exposición al peligro de deslizamiento muestra que Calvià vuelve a ser uno de los municipios más expuestos (llegando a valores de hasta 8.000 millones de euros), seguido por Pollença, Bunyola, Sóller, Andratx y Alcudia (Figura 4.72).

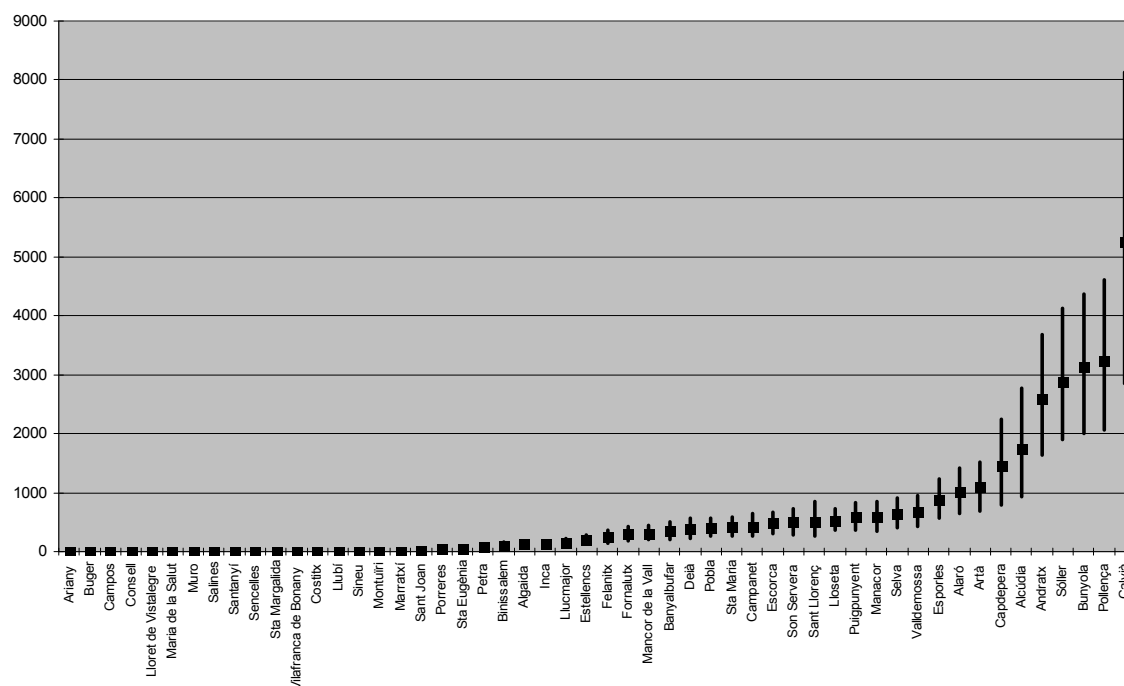


Figura 4.72. Exposición Territorial. Valor Integrado / Territorio Expuesto Peligro Deslizamiento. Millones de Euros

En cuanto al peligro de incendio, los resultados sitúan a Calvià también como un municipio de máxima exposición (llegando a 16.000 Meuros), seguido de Llucmajor, Pollença, Manacor, Bunyola y Alcúdia. (Figura 4.73).

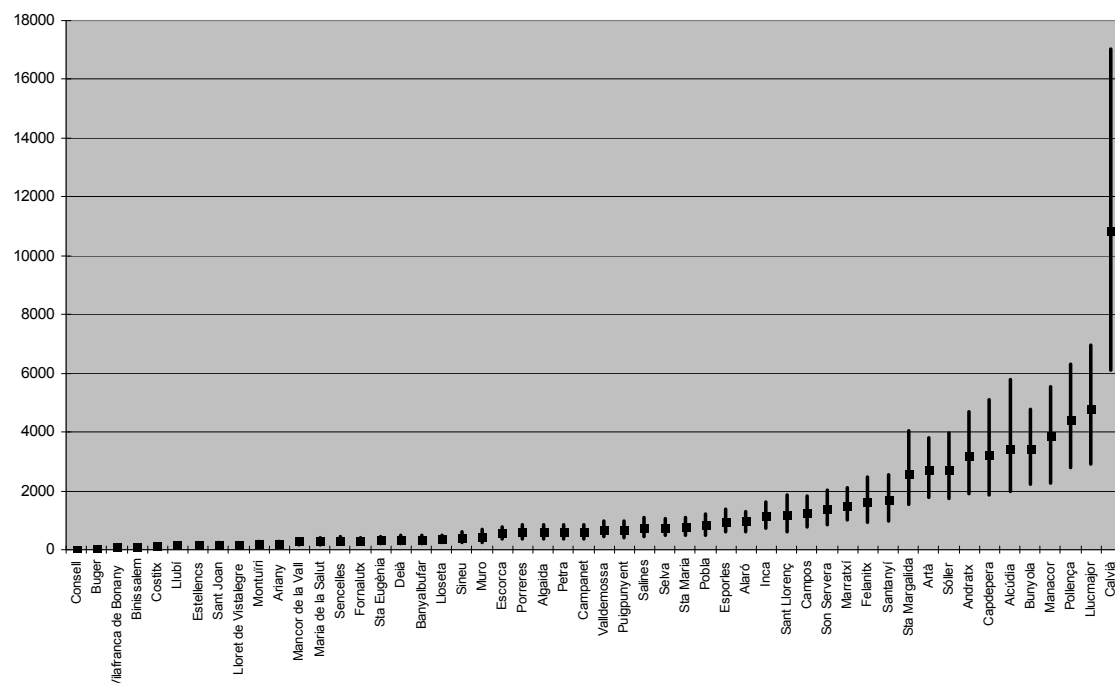


Figura 4.73. Exposición Territorial. Valor Integrado / Territorio Expuesto Peligro Incendio. Millones de Euros

Como vimos en su momento la exposición al peligro sísmico es total para todo el territorio de Mallorca, por lo que los valores de exposición se corresponden a los de valor económico

integrado. En este caso el máximo valor se alcanza en Calvià, seguido de Manacor, Lluçmajor, Marratxí e Inca, que poseen los núcleos urbanos de mayor importancia en la isla de Mallorca. (Figura 4.74).

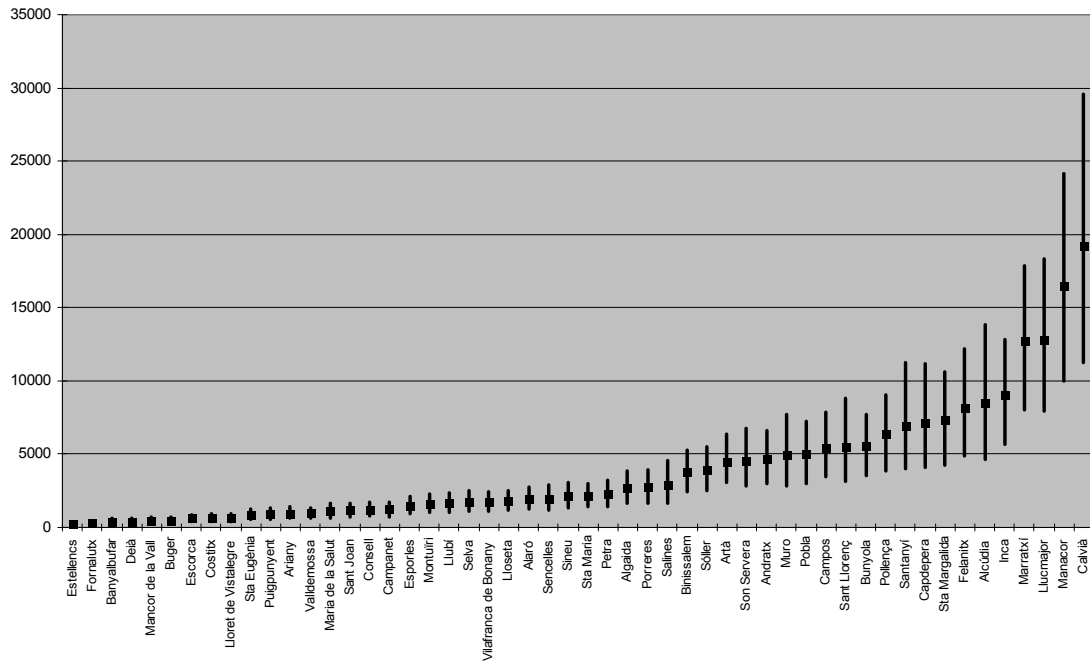


Figura 4.74. S4, Exposición Territorial. Valor Integrado / Territorio Expuesto Peligro Sísmico.

Si analizamos el nivel de exposición de cada municipio para cada tipo de peligro (figura 4.75) comprobamos la elevada importancia que adquiere el peligro sísmico que incide de forma extensiva sobre todos los municipios. La información presentada en el gráfico representa la exposición acumulada, pero el gráfico si permite comparar el orden de magnitud de la exposición a cada peligro.

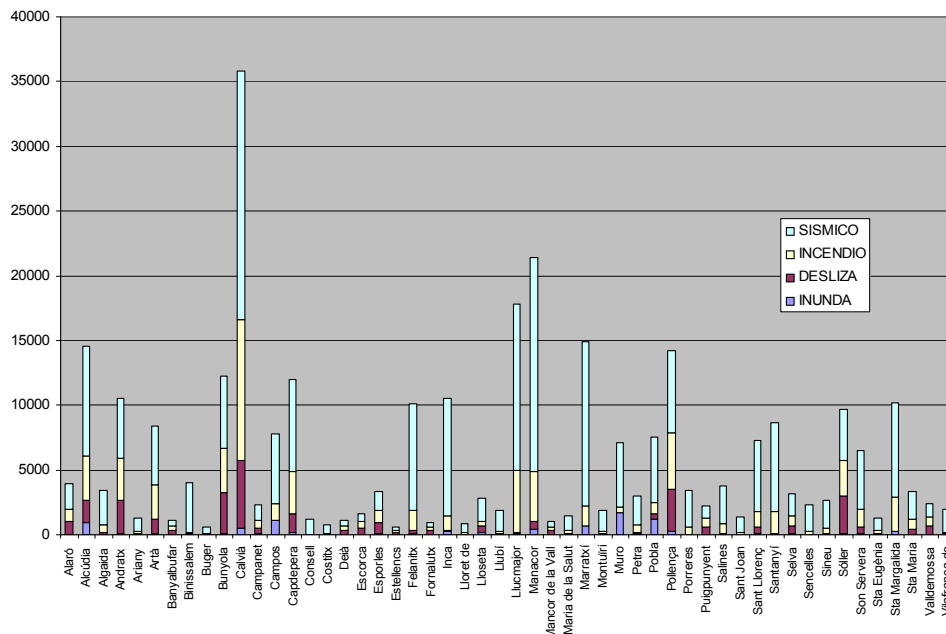


Figura 4.75. Exposición Territorial. Vulnerabilidad Acumulada a todos los peligros.

La representación de la exposición al resto de peligros, sin incluir el sísmico, (Figura 4.76) permite comprobar con más detalle el modelo de distribución a nivel municipal.

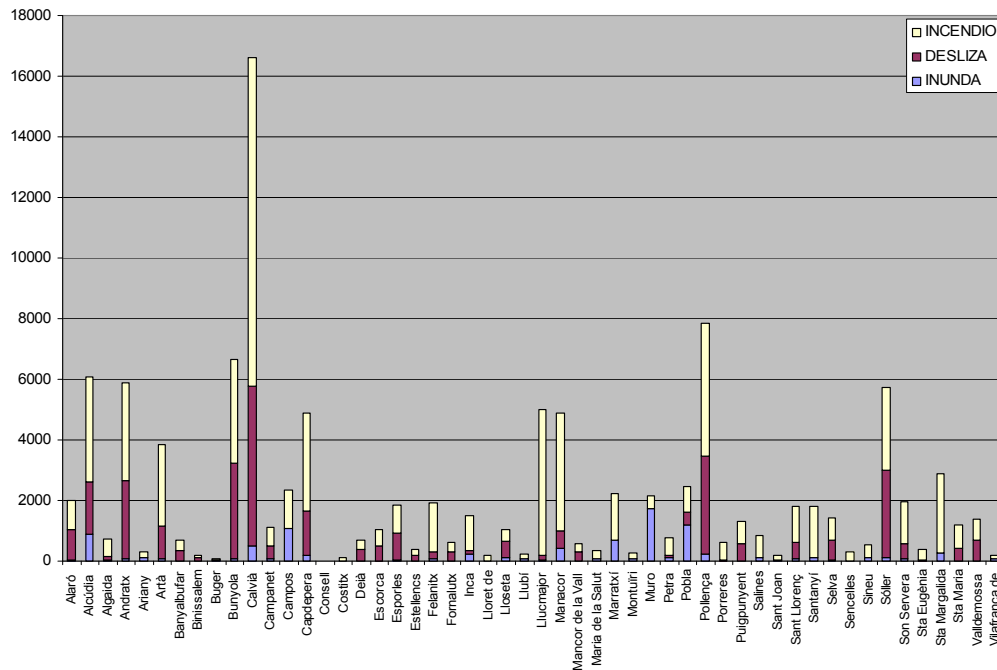


Figura 4.76. Exposición Territorial. Vulnerabilidad por exposición acumulada: inundación, peligros sísmico. Millones de Euros.

Se evidencia la preponderancia la exposición al peligro de incendio, en segundo lugar la exposición al peligro de exposición y en último término la exposición al peligro de inundación.

Existen diferencias significativas respecto a la exposición de cada factor territorial en relación a cada tipo de peligro. En el caso de la exposición a la inundación (figura 4.77), podemos observar:

- la exposición mayor se manifiesta en los municipios de Alcúdia y Calvià, Campos, Marratxí i sa Pobla.
- En los municipios de Alcúdia y Calvià la población es el factor más expuesto.
- En los municipios de campos, Muro y sa Pola el factor más expuesto son las construcciones.
- En Marratxí el factor más expuesto son las infraestructuras.
- En un gran número de municipios los valores de exposición son muy bajos: Algaida, Binissaleu, Costitx, Deià, Mancor, Montuiri, Porreres, Sencelles, ..

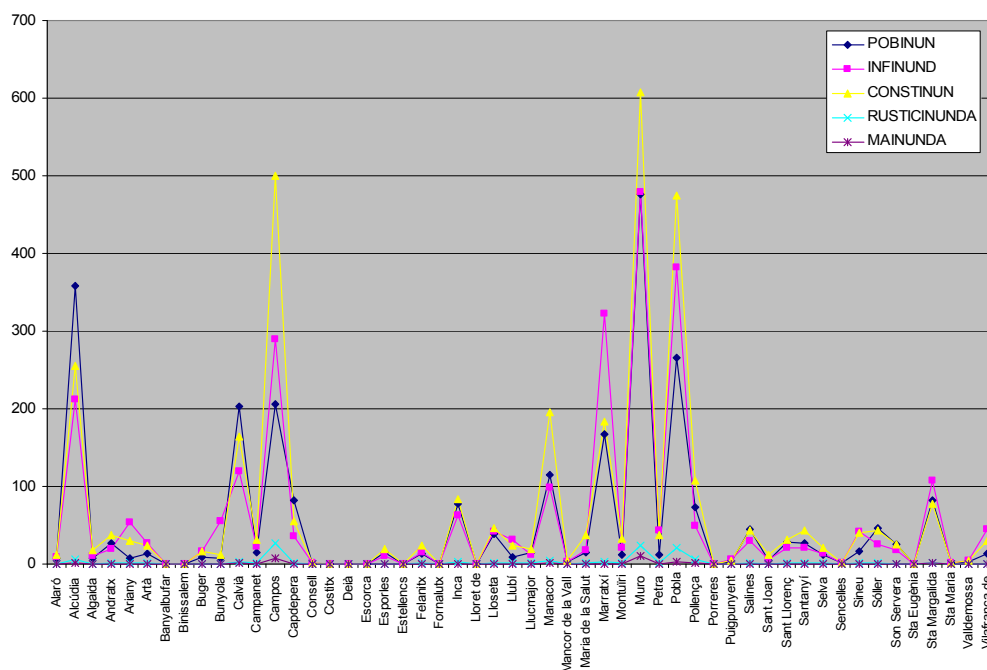


Figura 4.77. Exposición Inundación.

Respecto a la exposición a deslizamiento, los municipios más expuestos son Bunyola, Calvià, Pollença Sóller y Andratx. Se trata en su mayoría de municipios ubicados en la Serra de Tramuntana cuyo patrimonio territorial es elevado. En Calvià y Bunyola destacan las infraestructuras, en Calvià y Sóller la población, en Andratx y Pollença las construcciones. Igual que en el caso de la exposición a la inundación, aparece un gran número de municipios que alcanzan valores de exposición muy bajos como Algaida, Costitx, Lloret, Marratxí, Muro, Sant Joan, Sencelles, Sineu (Figura 4.78).

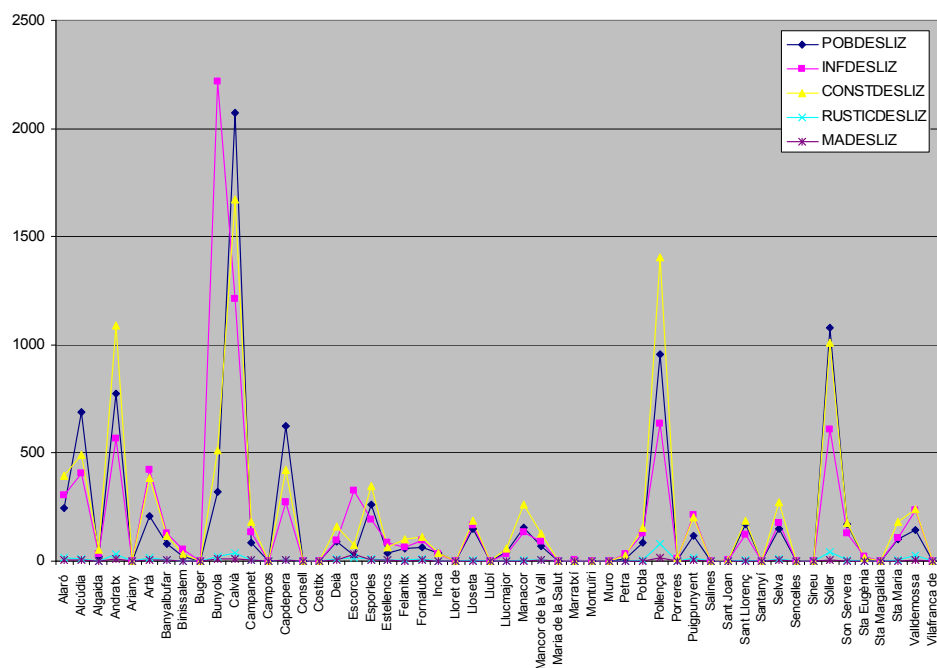


Figura 4.78. Exposición Deslizamiento

La mayor exposición por incendio forestal se produce en los municipios de Calvià, Bunyola, Llucmajor, Pollença, Sóller, Capdepera y Alcúdia (Figura 4.79) . En Calvià es la población el factor de mayor afectación, mientras en Llucmajor y Pollença son las construcciones las mayormente afectadas.

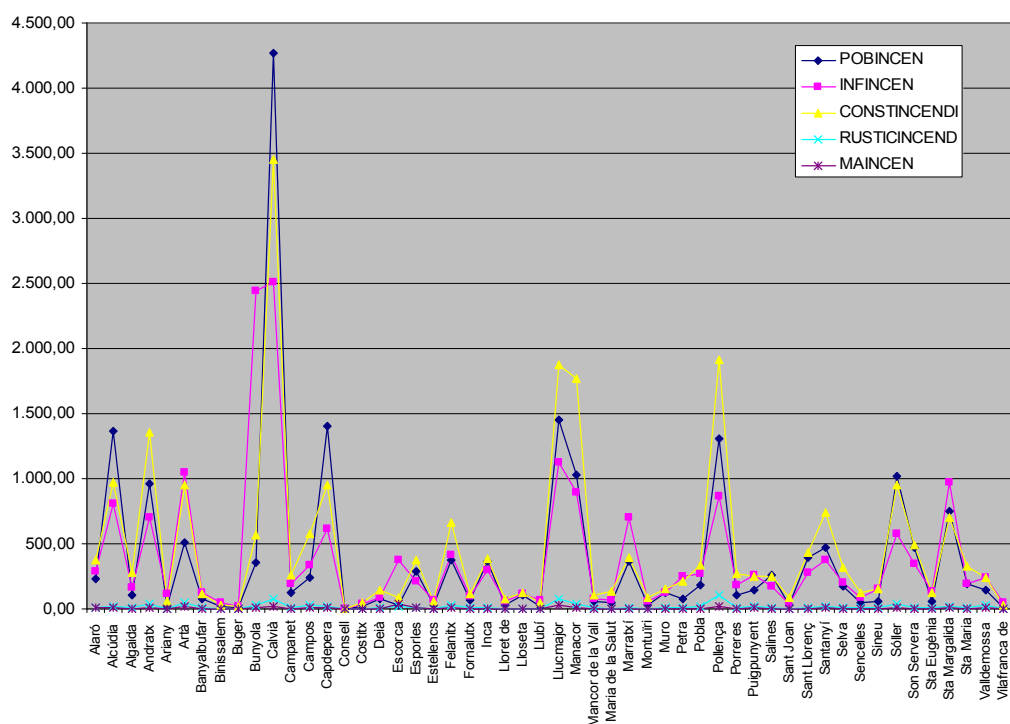


Figura 4.79. Exposición Incendio Forestal

La tabla 4.38 representa la vulnerabilidad por exposición en millones de euros de los municipios a los distintos tipos de peligros considerados.

Municipio	Exposición Inundación	Exposición Deslizamiento	Exposición Incendio	Exposición Terremoto	Exposición Media
Alaró	29,92	1.013,06	952,59	1.967,22	990,70
Alcúdia	901,03	1.733,62	3.440,51	8.494,63	3.642,45
Algaida	39,45	113,65	588,61	2.670,82	853,13
Andratx	89,73	2.582,62	3.209,57	4.609,97	2.622,97
Ariany	98,41	0,00	200,91	980,77	320,02
Artà	67,89	1.091,23	2.705,58	4.517,80	2.095,62
Banyalbufar	0,00	343,71	339,69	414,45	274,46
Binissalem	0,00	109,74	100,68	3.798,96	1.002,35
Buger	43,78	0,00	49,06	507,21	150,01
Bunyola	77,31	3.136,00	3.455,42	5.578,32	3.061,76
Calvià	517,11	5.256,84	10.843,84	19.214,26	8.958,01
Campanet	73,04	434,08	613,23	1.225,60	586,49
Campos	1.092,08	0,00	1.266,93	5.414,17	1.943,30

Capdepera	188,78	1.447,67	3.249,99	7.123,14	3.002,39
Consell	2,76	0,00	0,00	1.213,01	303,94
Costitx	0,00	0,42	115,89	647,58	190,97
Deià	0,00	376,53	328,23	421,05	281,45
Escorca	0,63	485,33	557,12	620,11	415,80
Esporles	47,37	861,11	939,70	1.464,27	828,11
Estellencs	0,00	205,02	165,15	234,23	151,10
Felanitx	59,34	243,17	1.624,09	8.182,15	2.527,19
Fornalutx	0,00	302,19	301,95	343,81	236,99
Inca	241,54	115,12	1.129,46	9.068,65	2.638,69
Lloret de Vistalegre	1,36	0,00	174,39	665,19	210,24
Lloseta	133,49	529,01	361,03	1.776,29	699,95
Llubí	70,99	0,47	148,83	1.642,35	465,66
Llucmajor	51,13	145,55	4.792,77	12.822,88	4.453,09
Manacor	431,56	581,76	3.889,70	16.477,71	5.345,18
Mancor de la Vall	12,23	310,70	264,06	477,76	266,19
Maria de la Salut	77,95	0,00	279,47	1.123,93	370,34
Marratxí	698,64	9,38	1.515,10	12.707,28	3.732,60
Montuïri	72,50	4,57	185,52	1.596,00	464,65
Muro	1.712,30	0,00	432,94	4.939,88	1.771,28
Petra	103,88	73,94	596,75	2.259,41	758,50
Pobla	1.210,62	399,59	847,52	5.070,69	1.882,10
Pollença	247,18	3.226,41	4.391,06	6.387,23	3.562,97
Porreres	0,00	36,38	588,02	2.779,97	851,09
Puigpunyent	14,34	577,62	702,66	935,47	557,53
Salines	127,47	0,00	734,14	2.926,13	946,94
Sant Joan	23,33	13,16	166,67	1.143,88	336,76
Sant Llorenç	85,94	514,39	1.192,56	5.486,36	1.819,81
Santanyí	98,32	0,00	1.692,47	6.894,74	2.171,38
Selva	48,17	642,88	743,89	1.738,24	793,29
Sencelles	4,49	0,00	293,28	1.989,17	571,74
Sineu	110,53	3,52	410,26	2.133,21	664,38
Sóller	121,86	2.880,83	2.722,65	3.925,81	2.412,79
Son Servera	73,12	496,84	1.377,49	4.593,54	1.635,25
Sta Eugènia	0,00	48,53	328,12	897,12	318,44
Sta Margalida	286,27	0,00	2.596,19	7.331,65	2.553,53
Sta Maria	4,09	417,07	767,29	2.138,56	831,75
Valldemossa	12,05	676,71	684,30	988,44	590,38
Vilafranca de Bonany	92,84	0,00	97,05	1.750,48	485,09

Tablas 4.38, Nivel de exposición (Millones de Euros). Ordenación de municipios en función del grado de exposición a distintos peligros.

A efectos de establecer un orden de prioridad en el desarrollo de medidas de mitigación de la vulnerabilidad, se ha procedido a la ordenación de los municipios en función del nivel de

exposición a los distintos peligros considerados, obtenemos así la Tabla 4.39. En cada columna se presentan una lista de municipios ordenados por nivel de exposición a cada peligro. También se incluye la columna con el título “Prioridad Integral” que ordena los municipios conforme a su nivel de exposición integrada.

Prioridad Inundación	Prioridad Deslizamiento	Prioridad Incendio	Prioridad sísmico	Prioridad Integral
Muro	Calvià	Calvià	Calvià	Calvià
Pobla	Pollença	Llucmajor	Manacor	Manacor
Campos	Bunyola	Pollença	Llucmajor	Llucmajor
Alcúdia	Sóller	Manacor	Marratxí	Marratxí
Marratxí	Andratx	Bunyola	Inca	Alcúdia
Calvià	Alcúdia	Alcúdia	Alcúdia	Pollença
Manacor	Capdepera	Capdepera	Felanitx	Bunyola
Sta Margalida	Artà	Andratx	Sta Margalida	Capdepera
Pollença	Alaró	Sóller	Capdepera	Inca
Inca	Esporles	Artà	Santanyí	Andratx
Capdepera	Validemossa	Sta Margalida	Pollença	Sta Margalida
Lloseta	Selva	Santanyí	Bunyola	Felanitx
Salines	Manacor	Felanitx	Sant Llorenç	Sóller
Sóller	Puigpunyent	Marratxí	Campos	Santanyí
Sineu	Lloseta	Son Servera	Pobla	Artà
Petra	Sant Llorenç	Campos	Muro	Campos
Ariany	Son Servera	Sant Llorenç	Andratx	Pobla
Santanyí	Escorca	Inca	Son Servera	Sant Llorenç
Vilafranca de Bonany	Campanet	Alaró	Artà	Muro
Andratx	Sta Maria	Esporles	Sóller	Son Servera
Sant Llorenç	Pobla	Pobla	Bisssalem	Bisssalem
Maria de la Salut	Deià	Sta Maria	Salines	Alaró
Bunyola	Banyalbufar	Selva	Porreres	Salines
Son Servera	Mancor de la Vall	Salines	Algaida	Algaida
Campanet	Fornalutx	Puigpunyent	Petra	Porreres
Montulí	Felanitx	Validemossa	Sta Maria	Sta Maria
Liubí	Estellencs	Campanet	Sineu	Esporles
Artà	Llucmajor	Petra	Sencelles	Selva
Felanitx	Inca	Algaida	Alaró	Petra
Llucmajor	Algaida	Porreres	Lloseta	Lloseta
Selva	Bisssalem	Escorca	Vilafranca de Bonany	Sineu
Esporles	Petra	Muro	Selva	Validemossa
Buger	Sta Eugènia	Sineu	Liubí	Campanet
Algaida	Porreres	Lloseta	Montulí	Sencelles
Alaró	Sant Joan	Banyalbufar	Esporles	Puigpunyent
Sant Joan	Marratxí	Deià	Campanet	Vilafranca de Bonany
Puigpunyent	Montulí	Sta Eugènia	Consell	Liubí
Mancor de la Vall	Sineu	Fornalutx	Sant Joan	Montulí
Validemossa	Liubí	Sencelles	Maria de la Salut	Escorca
Sencelles	Costitx	Maria de la Salut	Validemossa	Maria de la Salut
Sta Maria	Muro	Mancor de la Vall	Ariany	Sant Joan
Consell	Campos	Ariany	Puigpunyent	Ariany
Lloret de Vistalegre	Sta Margalida	Montulí	Sta Eugènia	Sta Eugènia
Escorca	Salines	Lloret de Vistalegre	Lloret de Vistalegre	Consell
Banyalbufar	Ariany	Sant Joan	Costitx	Deià
Bisssalem	Santanyí	Estellencs	Escorca	Banyalbufar
Costitx	Vilafranca de Bonany	Liubí	Buger	Mancor de la Vall
Deià	Maria de la Salut	Costitx	Mancor de la Vall	Fornalutx
Estellencs	Buger	Bisssalem	Deià	Lloret de Vistalegre
Fornalutx	Sencelles	Vilafranca de Bonany	Banyalbufar	Costitx
Porreres	Consell	Buger	Fornalutx	Estellencs
Sta Eugènia	Lloret de Vistalegre	Consell	Estellencs	Buger

Tabla 4.39. Municipios por nivel de exposición

La figura 4.80 (a) representa la distribución geográfica de la exposición territorial integrada a nivel municipal. Se observan que las zonas costeras en general acumulan la mayor exposición, en especial los municipios de Calvià y Manacor. También el área de Alcúdia y Pollença en la costa Norte, Llucmajor en el Sur y Capdepera al Este. La zona del Pla de Mallorca mantiene unos niveles bajos de exposición junto a los municipios menos urbanizados de la Serra de Tramuntana.

La figura 4.80 (b) (c) representan la exposición territorial en unidades de 5x5 Km. y 1x1 Km. respectivamente. En el mapa de unidades 5x5 Km. se dibujan con claridad las principales zonas expuestas. Aparecen definidos los núcleos de población (Marratxí, Inca, y Manacor) las zonas turísticas del litoral (Calvià, Alcúdia, Cala Millor, costa de Llucmajor, Felanitx, Santanyí y Andratx) y se observan de forma genérica áreas que concentran la exposición en la Serra de Tramuntana (Pollença, Sóller, Calvià y Andratx), el eje Palma Inca-Alcúdia.

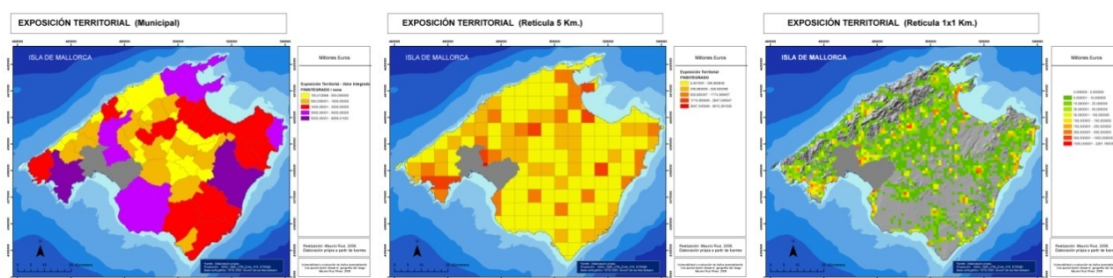


Figura 4.80. Exposición Territorial
(Anexo cartográfico: Mapas 65, 66, 67)

El mapa de unidades de 1x1 Km. realiza una precisa zonificación de las tendencias reflejadas a nivel municipal. Queda patente un gran peso del valor territorial integrado en el que la población, las infraestructuras y las edificaciones son los elementos que aportan mayor valoración, por lo que se reproducen en parte sus patrones de localización. A pesar de ello se perciben con claridad las áreas que presentan mayor vulnerabilidad por exposición a los peligros territoriales.

Con objeto de valorar en detalle la vulnerabilidad territorial por exposición se ha procedido a la cartografía de la exposición de cada uno de los factores territoriales considerados (población, infraestructuras, construcciones, valor suelo rústico y valor medio ambiente natural) para los diferentes tipos de peligros considerados a excepción del peligro sísmico por considerar que éste incluye todo el territorio insular (la cartografía de la vulnerabilidad por exposición para el peligro sísmico sería similar al valor territorial total). La cartografía se presenta en unidades de 1x1 Km.

La vulnerabilidad por exposición de la población sigue un patrón claramente condicionado por sus pautas de distribución territorial y de cada uno de los peligros considerados. Las retículas que presentan mayores niveles de población y exposición a los peligros alcanzan los valores de mayor vulnerabilidad.



Figura 4.81. Exposición de la población a los peligros territoriales considerados
(Anexo cartográfico: Mapas 68, 69, 70)

Se observa que el peligro natural de mayor incidencia sobre la población es el sísmico valorado en 118.261 Millones de Euros, seguido por el de incendio 13.067 ME, el de inundación 10.475 ME y finalmente el de deslizamiento 3.951,23 ME.

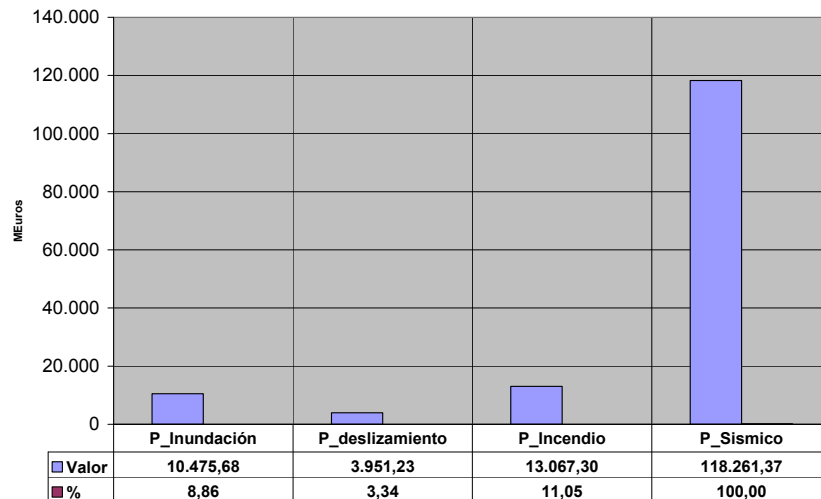


Figura 4.82. Exposición de la Poblacion

Las infraestructuras que presentan mayor exposición a los peligros naturales se encuentran mayoritariamente en la Serra de Tramuntana. El coste de las infraestructuras expuestas al peligro sísmico supone un total de 60.998 ME, al peligro de deslizamiento 3.724 ME, al peligro de incendio 9.830 ME. y al peligro de inundación 4.141. ME.

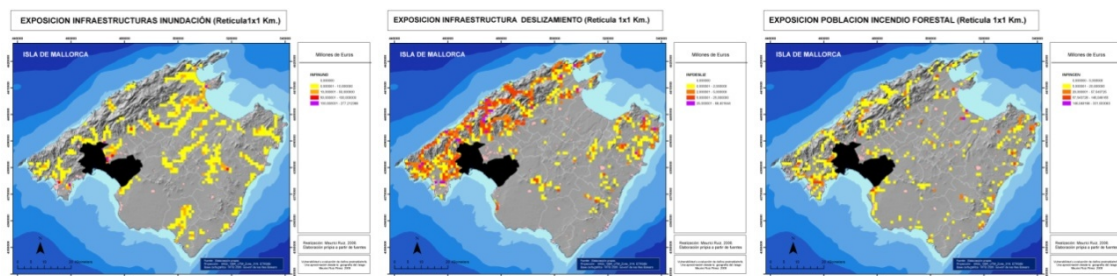
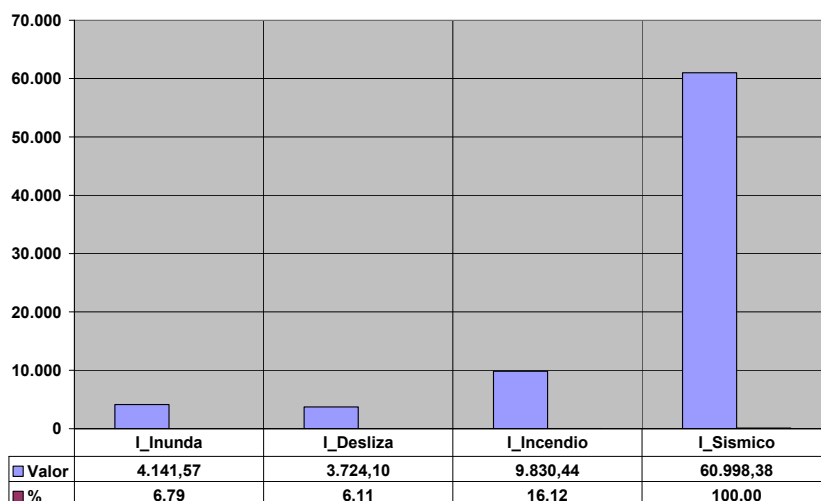
Figura 4.83. Exposición Incendio Forestal
(Anexo cartográfico: Mapas 71, 72, 73)

Figura 4.84. Exposición Infraestructuras

La vulnerabilidad por exposición de las construcciones a los peligros naturales remarca la

vulnerabilidad de las zonas del Pla de Mallorca, Campos y Muro a las inundaciones, la vulnerabilidad de las zonas de la Serra de Tramuntana a los deslizamientos y la vulnerabilidad generalizada de la isla a los incendios forestales.



Figura 4.85. Exposición construcciones
(Anexo cartográfico: Mapas 74, 75, 76)

El valor de las construcciones expuestas al peligro sísmico alcanza los 108.647 ME, al peligro de incendio 13.680 ME., al peligro por inundación 7.554 ME y al peligro por deslizamiento supone 5.077 ME.

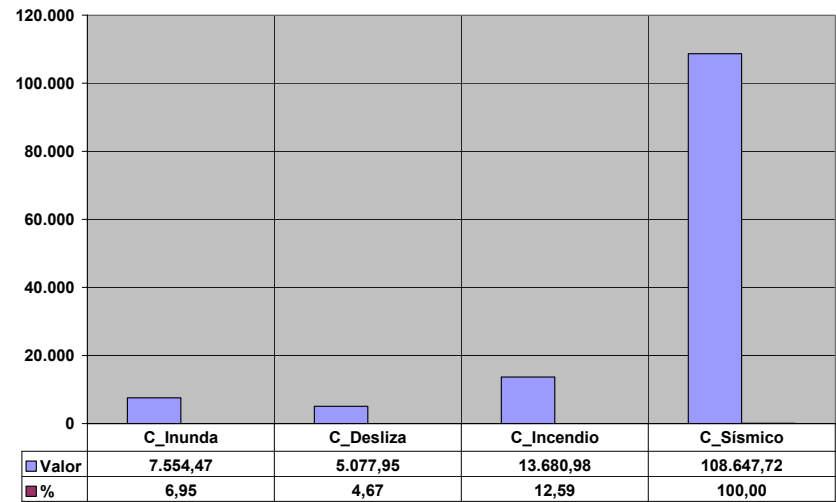


Figura 4.86. Exposición Construcciones

La exposición del suelo rústico al peligro sísmico alcanza los 2.854 ME, al peligro de incendio 741 ME, al peligro de deslizamiento 337 ME y al peligro de inundación 205 ME. El orden de magnitud de la exposición es mucho menor que para el caso de la población, infraestructuras y construcciones.

Su distribución territorial señala al peligro de incendio como el de mayor incidencia sobre las zonas rústicas.

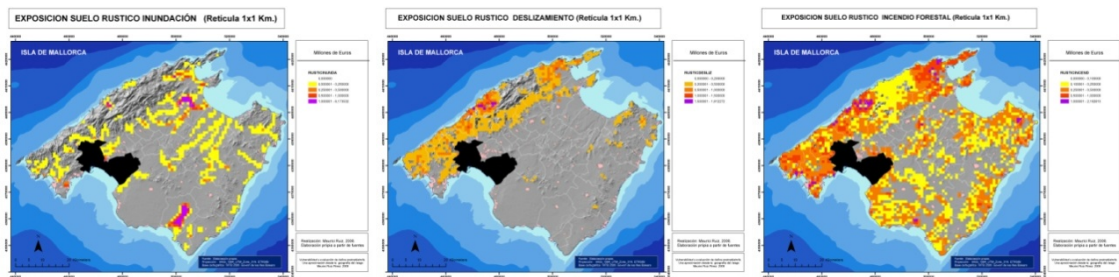


Figura 4.87. Exposición Incendio Forestal
(Anexo cartográfico: Mapas 77, 78, 79)

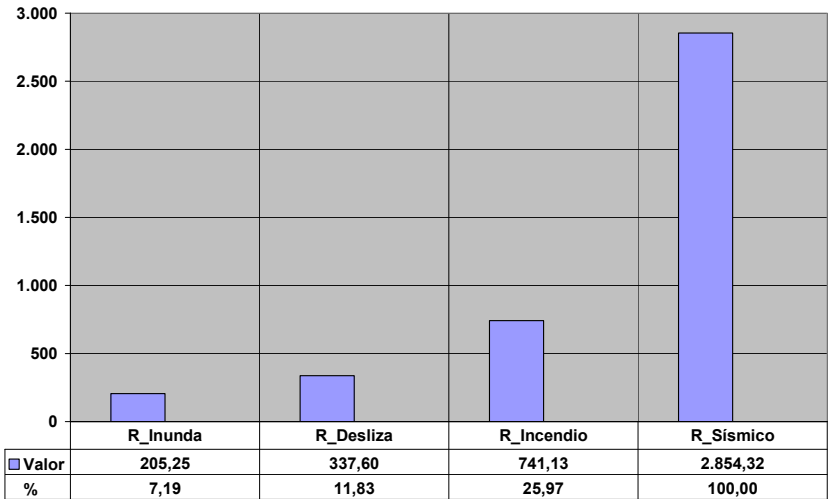


Figura 4.88. Exposición Suelo Rústico

La exposición del medio natural a los peligros naturales considerados alcanza una valoración económica inferior al resto de factores territoriales. La exposición al peligro sísmico supone 776 ME, al peligro de inundación 49 ME, al peligro de deslizamiento 177 ME y al peligro de incendio forestal 348 ME.

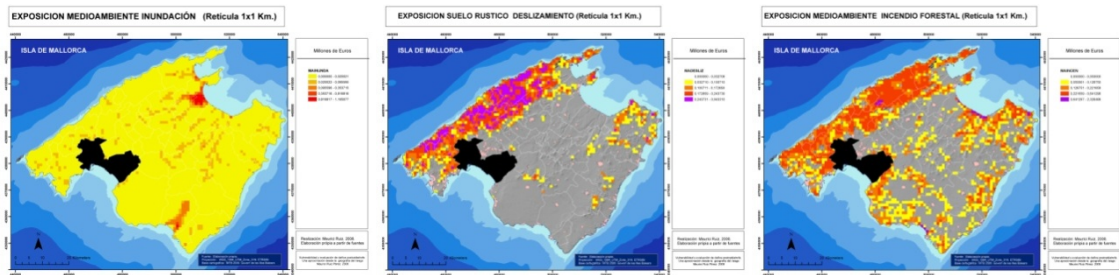


Figura 4.89. Exposición Incendio Forestal
(Anexo cartográfico: Mapas 80, 81, 82)

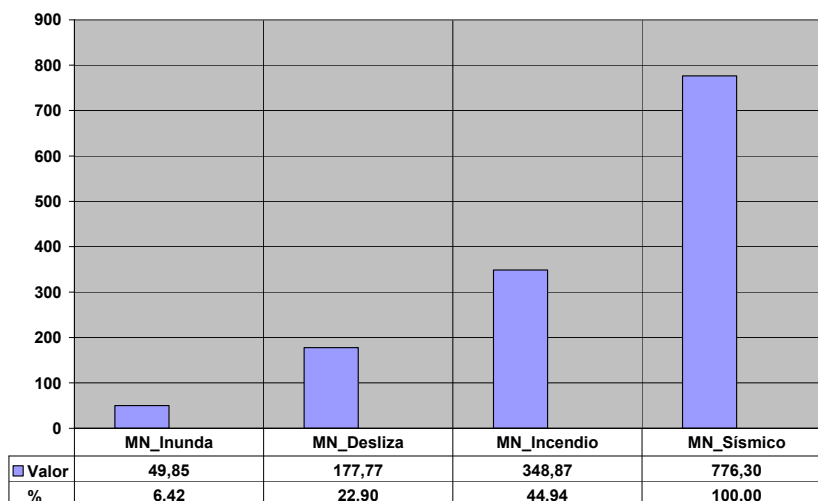


Figura 4.90. Exposición Medio Natural

Los resultados obtenidos evidencian que la vulnerabilidad territorial de Mallorca a los peligros naturales es significativa. Todos los factores territoriales que se han tenido en cuenta (población, construcciones, ocupación del suelo, suelo rústico, medio natural) presentan una exposición al conjunto de peligros de magnitud considerable que debe ser valorada en el proceso de gestión de riesgos territoriales con objeto de que sean preservados.

El nivel de exposición territorial detectado demuestra que el desarrollo urbanístico de la isla se ha realizado sin considerar los peligros naturales como un factor limitante del crecimiento. La ocupación del territorio y su uso no se adaptan de forma correcta a su verdadera aptitud territorial y la exposición de la población y sus bienes a los peligros naturales ha sido práctica habitual en el pasado.

La reducción de la vulnerabilidad territorial por exposición de la isla de Mallorca tiene que venir preferentemente de la puesta en marcha de instrumentos de ordenación territorial que consideren los peligros territoriales como factores determinantes en la asignación de usos del suelo. En este sentido, se considera que el trabajo realizado hasta la fecha por parte de la administración pública (autonómica, insular, local) en la cartografía de peligros territoriales por parte del Plan Territorial de Mallorca, Planes Generales, Planes sectoriales de infraestructuras, Normas Subsidiarias y los planes de Emergencia de Baleares ha sido insuficiente. La cartografía de los peligros naturales no es suficientemente precisa a nivel de escala geográfica, ni se ha realizado de forma rigurosa. Asimismo la vulnerabilidad por exposición no ha sido suficientemente valorada.

La mejor opción para reducir la vulnerabilidad por exposición es evitar la ubicación de la población, y sus bienes (equipamientos, infraestructuras,...) en zonas expuestas al peligro. Ello implica un profundo conocimiento del territorio y de los peligros territoriales a los que se halla expuesto. Sin embargo, la realidad territorial de Mallorca evidencia que las acciones de

reducción de la exposición a emprender en la actualidad tendrían un carácter más de tipo curativo que preventivo.

Las ámbitos geográficos que más padecen la ausencia de planificación de la exposición a los peligros naturales son:

- Áreas de crecimiento de los núcleos urbanos (Palma, Inca, Manacor,)
- Zonas turísticas costeras próximas a torrentes y zonas húmedas.
- Infraestructuras y equipamientos expuestos.

Cuando la reducción de la vulnerabilidad por exposición no es viable deberá actuarse en la reducción de la vulnerabilidad intrínseca de los elementos territoriales más que en la optimización de su localización geográfica. Por ejemplo, desvío/canalización de torrentes para evitar su paso por zonas urbanizadas, tala de árboles en zonas urbanizadas, cimentación reforzada en zonas con peligro de deslizamiento, etc. Ello implica inversiones de gran magnitud y no suele reducir de forma integral los riesgos.

4.4. Vulnerabilidad intrínseca

No se ha considerado adecuado la consideración de la vulnerabilidad intrínseca en este trabajo debido a que su obtención excede los límites marcados en los objetivos establecidos.

4.5. Vulnerabilidad social

4.5.1. Metodología para el análisis de la vulnerabilidad social

La vulnerabilidad social es una variable multifactorial dependiente de un amplio conjunto de factores: demográficos, sociales, económicos, infraestructurales, etc. Como vimos en anteriores capítulos para la evaluación de la vulnerabilidad social es habitual el uso de indicadores que pueden hacer referencia a distintos aspectos de los factores señalados. La importancia de cada factor y la relevancia de cada indicador es variable en función del ámbito geográfico considerado. Para su evaluación se hace indicado el desarrollo de métodos de evaluación multicriterio por lo que es aconsejable la participación de un equipo multidisciplinar de expertos.

El estudio de la vulnerabilidad social de la isla de Mallorca se ha realizado a nivel municipal ya que es la mínima unidad geográfica para la cual puede obtenerse información socioeconómica. En primer lugar se ha procedido a la identificación e inventario de variables a considerar y la correspondiente creación de una base de datos socioeconómica municipal. La disponibilidad de datos ha sido ciertamente un factor limitante en la desarrollo del modelo, por lo que la selección de variables ha venido condicionada por su disponibilidad. Las fuentes consultadas han sido diversas: Institut d'Estadística de les Illes Balears, Encuesta de Infraestructuras y Equipamiento

Local 2005. Consell de Mallorca. Ministerio de Administraciones Públicas, Instituto Nacional de Estadística, Anuarios Gesa-Endesa, Telefónica, etc. La relación de variables se presenta en la Tabla 4.40. Considero que para obtener unos resultados de mayor calidad hubiera sido interesante incorporar variables relacionadas propiamente con los desastres naturales como la formación específica de la población en esta materia, la existencia de sistemas de alerta específicos a nivel municipal, etc. pero dicha información no está disponible y su obtención supone un trabajo añadido que excede los límites del presente trabajo.

En primer término, con objeto de poder integrar la información, los datos de cada una de las variables consideradas para cada municipio se ha normalizado en una escala de 0 a 1 en base a sus valores máximos y mínimos, según la siguiente expresión:

$$\text{Valor normalizado} = (\text{Valor Variable Municipio } X - \text{Valor mínimo de la variable}) / (\text{valor máximo de la variable } X - \text{valor mínimo de la variable } X)$$

Ello permitirá realizar la correcta integración de variables.

En segundo lugar se identifica el signo de la variable normalizada (Corresponde a una columna de la Tabla 4.40). Para ello, se analiza la variable en términos de vulnerabilidad social valorando si un incremento cuantitativo en la variable supone un mayor o menor nivel de vulnerabilidad. En el caso de que el incremento de la variable suponga mayor vulnerabilidad (pe. A mayor número de mujeres, mayor vulnerabilidad) la variable normalizada mantiene su valor. En el caso contrario, es decir que al aumentar el valor de la variable disminuya el grado de vulnerabilidad se resta de la unidad :

$$1 - (\text{valor normalizado})$$

De esta forma se obtiene una tabla de valores normalizados para cada uno de los municipios considerados (**Anexo Estadístico**).

Código	Factores	Indicadores	Signo Variable	Descripción	Fuentes
	Demográficos y sociales			La vulnerabilidad social a los desastres naturales tiene una gran dependencia de diversos factores demográficos. Las características de la población van a condicionar tanto la fragilidad intrínseca de la población a padecer los efectos de los desastre como su capacidad de hacer frente al mismo.	
	1.1. Edad población				
V1		% Menores (población menor 16 años/población total)	Valor absoluto	Los niños y jóvenes son más vulnerables frente a los desastres. La falta de información y experiencia hace a este colectivo menos capacitado a responder a las consecuencias de los desastres. Se ha seleccionado la edad umbral de -16 años- condicionado por las fuentes de información disponibles.	Institut d'Estadística de les Illes Balears. [2008]
V2		% Ancianos (población mayor 65 años/población total)	Valor absoluto	Los ancianos son un grupo de población que presenta dificultades especiales para hacer frente a los desastres. Es el colectivo que presenta mayores problemas de movilidad debido a una mayor proporción en discapacitados. Por ello, se trata de un grupo altamente vulnerable.	Institut d'Estadística de les Illes Balears. [2008]
V3		Edad Media Población	1-valor absoluto	La población adulta más joven hace frente a las catástrofes a más activamente que la población más envejecida.	Institut d'Estadística de les Illes Balears. [2008]
V4		% Adultos	1-valor absoluto	Un mayor porcentaje de población adulta supone mayor capacidad para hacer frente a las catástrofes.	Institut d'Estadística de les Illes Balears. [2008]
	1.2. Sexo población				
V5		% mujeres (población mujeres/población total)	Valor absoluto	De forma genérica la bibliografía coincide en considerar a la mujer más vulnerable frente a las consecuencias de los desastres naturales desde el punto de vista físico, pero también por el rol que juega en el sustento de las familias.	Institut d'Estadística de les Illes Balears. [2008]
	1.3.Presión demográfica				
V6		Tasa normalizada crecimiento población (últimos 5 años)	Valor absoluto	Las poblaciones que experimentan un mayor crecimiento someten mayor presión al territorio y són más vulnerables frente a desastres naturales.	Institut d'Estadística de les Illes Balears. [2008]
V7		Densidad población	Valor absoluto	Las zonas con mayor densidad de población son más vulnerables en base a su exposición y a la competencia por recursos de subsistencia.	
	1.4. Población extranjera			La población extranjera es más vulnerable a padecer los efectos de un desastre. La falta de conocimiento del territorio, su desarraigo social, y el desconocimiento de cómo comportarse frente a un desastre la hace más vulnerable.	Institut d'Estadística de les Illes Balears. [2008]
V8		% Población extranjera	Valor absoluto	La proporción de población extranjera en relación al total de población es un indicador del número de personas extranjeras.	Institut d'Estadística de les Illes Balears. [2008]
	1.5. Población turística			El turismo representa un incremento de la población de tipo estacional. El	

	y residencial			turista está poco familiarizado con las cuestiones de índole territorial del destino turístico, por lo que es muy vulnerable a padecer los efectos potenciales de los desastres naturales.	
V9		Plazas turísticas/población	Valor absoluto	El número de plazas turísticas es un indicador de los turistas potenciales que puede albergar un territorio en un momento determinado. Un mayor número de plazas supone una mayor vulnerabilidad de la población.	Institut d'Estadística de les Illes Balears. [2008]
V10		%Población estacional máxima	Valor absoluto	La población residente en temporada alta sufre un incremento notable en las zonas turística lo que conlleva un incremento de la vulnerabilidad de dichas áreas.	Encuesta de Infraestructuras y Equipamiento Local 2005. Consell de Mallorca. Ministerio de Administraciones Públicas
	1.5. Formación de la población			El nivel formativo se considera una variable decisiva respecto a la capacidad de las personas a hacer frente a las catástrofes. Menor nivel formativo supone mayor vulnerabilidad a los efectos de los desastres. Una formación cultural media-alta habilita al ciudadano a saber reaccionar de forma adecuada frente a situaciones de estrés	
V11		% Población con Estudios Obligatorios	1-Valor Absoluto	El porcentaje de la población con estudios obligatorios informa del nivel formativo básico de la población.	Censo Población 2001. http://www.ine.es/censo/es/listatablas.jsp?group=5.Tablas%20comparativas%20de%20municipios%20Indicadores%20territoriales#sit
V12		% Población con Estudios Post Obligatorios	1-Valor absoluto	El porcentaje de población con estudios superiores a los obligatorios aporta información sobre el nivel de capacitación de la población.	
V13		Estudiantes Universitarios	1-Valor absoluto	El número de estudiantes universitarios es un indicador del nivel cultural de la población. Menor número de universitarios equivale a menor nivel cultural y por tanto menor capacidad para enfrentarse a los efectos de un desastre potencial.	
V14		Centros Infantil y Primaria	1-Valor absoluto	El número de centros de enseñanza es también un indicador de la capacidad de formación del municipio.	Institut d'Estadística de les Illes Balears. [2004]
	1.6. Seguridad				
V15		% Viviendas con vandalismo	Valor absoluto	La delincuencia y vandalismo de las zonas geográficas es un indicador de la falta de cohesión social y la deficiencia de estructuras sociales y económicas. La delincuencia puede ocasionar pérdidas y retrasos importantes en las tareas de recuperación de los desastres.	Censo Población 2001. INE.
2.	Factores económicos			La capacidad económica de las personas y de las administraciones es un indicador tanto de susceptibilidad como de la capacidad de hacer frente a los efectos de los desastres naturales. La población pobre presenta problemas de exclusión social y siempre manifiesta mayores dificultades para reponerse a un tipo de evento. La capacidad económica de la administración pública es un indicador de la capacidad de hacer frente a los efectos de un desastre natural.	

	2.1. Nivel económico población			La capacidad económica de las personas es un indicador directo de la capacidad de hacer frente a situaciones de crisis provocadas por los efectos de los desastres naturales.	
V18		% Población nivel renta Baja	Valor absoluto	El porcentaje de declarantes del impuesto de la renta que no superan los 6.000 euros es un indicador de la capacidad económica de la población. Cuanto mayor es este número, mayor es la vulnerabilidad económica de la población.	Institut d'Estadística de les Illes Balears. [2008]
V19		% Población nivel renta alta	1-Valor absoluto	La población con ingresos superiores a 21.000 se considera un colectivo con mayores posibilidades de hacer frente a los desastres. Cuanto mayor es este indicador, menor es la vulnerabilidad.	Institut d'Estadística de les Illes Balears. [2008]
	2.2. Nivel económico municipio				
V20		Presupuesto municipal/habitante	1-Valor absoluto	El presupuesto municipal por habitante es una medida de la riqueza de los municipios. Los municipios ricos a priori, son menos vulnerables y pueden hacer frente a los desastres naturales.	Institut d'Estadística de les Illes Balears. [2008]
	2.3. Empleo			La actividad laboral de la población constituye un indicador de la vulnerabilidad social. Aquellas comunidades que presentan mayores índices de actividad laboral y menos desempleo a priori son más resilientes.	
V21		Afiliados SS/Población Total	Valor absoluto	La población afiliada a la seguridad social es un indicador económico y de cohesión social de la población. A mayor población afiliada menor vulnerabilidad social.	Institut d'Estadística de les Illes Balears. [2008]
V22		Parados/población total	Valor absoluto	El desempleo es un indicador de vulnerabilidad social y económica. Una población con un índice de desempleo elevado tiene mayores dificultades de hacer frente a un desastre natural.	Institut d'Estadística de les Illes Balears. [2008]
	2.4. Valor Territorial				
V23A		% Valor Catastral Urbano / Superficie Urbana	1-Valor absoluto	El valor del territorio urbano a efectos catastrales es un indicador de la riqueza del territorio. A mayor valor menor vulnerabilidad y mayor capacidad de hacer frente al desastre.	Institut d'Estadística de les Illes Balears. [2008]
V23B		% Valor Catastral / Superficie Rústico	1-Valor absoluto	El valor del territorio rústico a efectos catastrales es un indicador de la riqueza del territorio. A mayor valor menor vulnerabilidad y mayor capacidad de hacer frente al desastre.	Institut d'Estadística de les Illes Balears. [2008]
	2.5. Actividades económicas			Las actividades económicas que se desarrollan en el territorio caracterizan su modelo económico y son un indicador de la capacidad de hacer frente a las consecuencias de un desastre natural. Una economía estable que conjugue una combinación adecuada de los sectores económicos (primario, secundario, terciario/servicios) es sinónimo de resiliencia frente a desastres naturales.	
V24		Plazas turísticas / plazas turísticas totales	Valor absoluto	El nº de plazas turísticas es un indicador de la riqueza municipal. Un mayor número de plazas de mayor categoría supone un mayor grado de riqueza y calidad.	
V25		% Peso sector terciario	1-Valor absoluto	La dependencia económica a un sector económico se considera un signo de vulnerabilidad económica que puede tener consecuencias negativas desde la perspectiva de recuperación a un desastre natural.	INE, Censo población. http://www.ine.es/censo_accesible/es/listatablas.jsp?grup=5.Tablas%20compar

					ativas%20de%20municipios#sit
V26		Nº IAE (Actividades comerciales minoristas: comercio alimentación, vestido calzado, supermercados, etc)	1-Valor absoluto	Las actividades económicas ligadas a la pequeña y mediana empresa se consideran un factor económico que proporciona resiliencia a las poblaciones. Por tanto, la escasez de actividades económicas en este sector se considera un factor de vulnerabilidad.	http://www.caib.es/ibae/dades/municipals/dadesm.htm
V27		Energía Facturada en Kw	1-Valor absoluto	Mayor consumo energético está ligado a mayor capacidad económica y mayor capacidad de hacer frente a un desastre natural.	GESA ENDESA 2004
3.	Acceso a infraestructuras y Servicios			El acceso a equipamientos y servicios es un indicador de calidad de vida y a su vez de susceptibilidad de las personas frente a eventos extraordinarios.	
	3.1. Comunicaciones			El acceso a medios de comunicación es un indicador de capacidad de la población a estar informada. El contar con información rápida y veraz sobre los peligros naturales puede suponer un factor determinante en la reducción de los efectos negativos de un desastre.	
V28		Nº líneas telefónicas/total habitantes	1-Valor absoluto	El nº de líneas telefónicas es un indicador de la capacidad de comunicación de la población. Un mayor número de líneas supone menor vulnerabilidad frente a cualquier tipo de evento.	Telefonica España S.A.
V29		Nº conexiones ADSL/total habitantes	1-Valor absoluto	Las conexiones a Internet son otro indicador importante en cuanto a la comunicación de la población. Mayor número de conexiones implica mayor comunicación y mayor información.	Telefonica España S.A.
	3.2. Transporte			La disponibilidad de medios de transporte y la accesibilidad de la población a la red viaria constituye un elemento clave en su vulnerabilidad frente a desastres naturales. La capacidad de evacuación o la reducción de tiempo de acceso de los servicios de emergencia condiciona el grado de vulnerabilidad de una comunidad.	
V30		Nº Vehículos	1-Valor absoluto	La capacidad de movilidad de la población es considerada una variable de importancia en la valoración de vulnerabilidad frente a desastres naturales. El número de vehículos proporciona una medida de la disponibilidad de disponer de un medio de transporte que de apoyo a la evacuación.	Institut d'Estadística de les Illes Balears. [2008]
V31		Viviendas con malas comunicaciones	Valor absoluto	La dificultad de acceso a las viviendas es un indicador de vulnerabilidad de la población. Poblaciones con viviendas de difícil accesibilidad son más vulnerables a los efectos de un desastre natural.	
	3.3. Centros Sanitarios			La dotación en centros y servicios sanitarios (hospitales, centros de salud y sanitarios y farmacias) es un indicador de la capacidad de la población a hacer frente a los efectos de los desastres. Un menor número de estos equipamientos equivale a mayor vulnerabilidad.	
V32		Centros Sanitarios (hospitales, centros	1-Valor		IBAE 2006

		salud, farmacias)	absoluto		
	3.4. Viviendas				
V34		Viviendas vacías	Valor absoluto	El número de viviendas vacías es un indicador socioeconómico con relevancia desde la perspectiva de la vulnerabilidad de la población. Las poblaciones que poseen un elevado número de viviendas vacías son comunidades poco cohesionadas, con una dinámica de ocupación estacional.	Censo Población 2001. 7.Indicadores%20territoriales#sit">http://www.ine.es/censo/es/listatablas.jsp?group=5.Tablas%20comparativas%20de%20municipios>7.Indicadores%20territoriales#sit
V35		Viviendas en alquiler	Valor absoluto	La población residente en viviendas de alquiler a priori está más desarraigada y es más vulnerable a los efectos de un desastre natural que la población propietaria de las viviendas.	Censo Población 2001. 7.Indicadores%20territoriales#sit">http://www.ine.es/censo/es/listatablas.jsp?group=5.Tablas%20comparativas%20de%20municipios>7.Indicadores%20territoriales#sit
V36		Antigüedad Edificios	Valor absoluto	La edad de los edificios es un indicador de la vulnerabilidad física de los edificios, que a su vez tiene un reflejo en la población de la comunidad. Zonas con edificios antiguos en general son áreas más vulnerables a padecer los efectos de los desastres.	
	3.5. Servicios Emergencia			El número de los servicios de emergencia es un indicador básico de vulnerabilidad frente a desastres naturales.	
4. Participación comunidad					
	Participación				
V16		% participación abstención elecciones locales	Valor absoluto	La participación en las elecciones locales es una prueba del nivel de cohesión social en la comunidad. Una abstención elevada se relaciona con la escasez de vínculos sociales y una falta de vínculos de la población con su entorno.	http://www.elecciones.mir.es/MIR/jsp/resultados/index.htm [consultado 20.11.2008]
	Equipamiento comunitario al servicio ciudadano				
V17		Superficie equipamiento cultural y deportivo / población	1-Valor absoluto	El número de centros culturales y deportivos es un indicador de la existencia de infraestructuras sociales de la comunidad para fomentar el establecimiento de vínculos sociales.	Encuesta de Infraestructuras y Equipamiento Local 2005. Consell de Mallorca. Ministerio de Administraciones Públicas

Tabla 4.40. Variables consideradas para la evaluación de la vulnerabilidad social de la isla de Mallorca.

Las variables o indicadores se han agrupado en los siguientes factores y subfactores:

Factores demográficos. La vulnerabilidad social a los desastres naturales tiene una gran dependencia de diversos factores demográficos. Las características de la población van a condicionar tanto la fragilidad intrínseca de la población a padecer los efectos de los desastre como su capacidad de hacer frente al mismo.

Subfactores demográficos:

- Edad de la población
- Presión demográfica
- Población inmigrante
- Población turística

Factores sociales de la comunidad. Los vínculos y relaciones que se establecen entre los miembros de una comunidad la hacen más o menos vulnerable frente a los efectos de los desastres. Una comunidad estructurada y con elevada participación social de la comunidad en los órganos de gobierno y gestión dan lugar a una sociedad menos vulnerable.

Subfactores sociales:

- Formación de la población
- Seguridad de la población
- Cohesión de la comunidad

Factores económicos. La capacidad económica de las personas y las administraciones es un indicador tanto de susceptibilidad como de la capacidad de hacer frente a los efectos de los desastres naturales. La población pobre presenta problemas de exclusión social y siempre manifiesta mayores dificultades para reponerse a un tipo de evento. La capacidad económica de la administración pública es un indicador de la capacidad de hacer frente a los efectos de un desastre natural.

Subfactores económicos:

- Nivel económico población
- Nivel económico municipio
- Valor territorial
- Actividades económicas
-

Factores infraestructurales. El acceso a equipamientos y servicios es un indicador de calidad de vida y a su vez de susceptibilidad de las personas frente a eventos extraordinarios.

Subfactores infraestructurales:

- Acceso Tecnologías de la información
- Acceso medios de transporte

- Centros Sanitarios
- Servicios emergencia
- Características de las viviendas

Se considera que cada uno de dichos factores, subfactores así como la propia variable o indicador puede tener distinta importancia a la hora de valorar la vulnerabilidad social del territorio por ello se ha desarrollado un modelo de valoración entre un panel de expertos y así obtener un peso específico a cada uno de los elementos considerados.

Para ello, se ha efectuado una encuesta a través de internet, mediante la utilización del programa Limesurvey (<http://www.limesurvey.org/>) . Para tal propósito se procedió al diseño y desarrollo de una encuesta que se adjunta en el Anexo Estadístico, que fue contestada por un grupo de 23 personas incluyendo profesores de geografía, personal de la Dirección General de Emergencias de la Consejería de Interior del Gobierno Balear, así como algunos especialistas de prestigio internacional en la materia. Los resultados de la encuesta se adjuntan en el Anexo Estadístico.

A partir de las puntuaciones obtenidas en la encuesta realizada, se ha representado el peso de cada uno de los factores considerados en forma de función estadística de tipo triangular (min, max, med). De esa forma el peso de cada factor asignado por parte del equipo de expertos incluye una variabilidad cuya consideración contribuye a mejorar el modelo de valoración.

001 [Demographic Factors]	001 [Social Factors]	001 [Economic Factors]	001 [Territorial infrastructure Factors]
6,00	4,00	8,00	5,00
5,00	4,00	8,00	6,00
8,00	7,00	8,00	6,00
10,00	9,00	9,00	8,00
2,00	4,00	8,00	9,00
9,00	9,00	10,00	10,00
7,00	7,00	7,00	9,00
2,00	4,00	3,00	1,00
7,00	8,00	8,00	9,00
9,00	7,00	9,00	9,00
6,00	7,00	8,00	10,00
10,00	10,00	10,00	10,00
7,00	6,00	6,00	7,00
6,00	8,00	8,00	8,00
5,00	7,00	8,00	8,00
8,00	9,00	9,00	9,00
8,00	9,00	10,00	9,00
8,00	7,00	6,00	7,00
6,00	5,00	5,00	6,00
5,00	3,00	4,00	3,00
10,00	8,00	8,00	5,00
10,00	9,00	9,00	8,00
7,00	8,00	9,00	9,00
7,00	6,91	7,74	7,43
2,00	3,00	3,00	1,00
7,00	6,91	7,74	7,43
10,00	10,00	10,00	10,00
RiskTriang(I27; I28; I29)	RiskTriang(Max; Med; Min)	RiskTriang(Max; Med; Min)	RiskTriang(Max; Med; Min)

Tabla 4.41. Ponderación Factores de la Vulnerabilidad Social

Con objeto de valorar el grado de correlación de la matriz de datos construida se ha procedido a la realización de un análisis de correlaciones entre las variables seleccionadas encontrando escasos niveles de correlación. (Anexo Estadístico). Asimismo se ha realizado un análisis

factorial que ha reflejado la independencia de la mayoría de variables y la incapacidad de establecer una agrupación.

El proceso de asignación de un peso a cada uno de los factores/subfactores/indicadores es el siguiente:

- Se calcula el valor máximo, medio y mínimo que adquiere cada uno de los factores por parte del grupo de expertos.
- Se construye una función estadística para representar la variabilidad de los pesos asignados. En concreto se ha utilizado una función triangular: Triang (min; med; max) (Los resultados del proceso de simulación de pesos se presentan en el Anexo Estadístico.)

Posteriormente se normalizan los pesos asignados de forma que el sumatorio de los pesos de factores, subfactores e indicadores por el valor de las variables normalizadas sea como máximo igual a 1. Es decir, valdrá 1 para aquel municipio que posea la máxima vulnerabilidad.

$$\text{Vulnerabilidad Social} = \sum_{f=1}^4 \text{Factor (n)} * \left(\sum_{s=1}^{nf} \text{SubFactor (s)} * \left(\sum_{i=1}^{ns} \text{Indicadores (i)} * [\text{Valor Variable Normalizada}] \right) \right) \quad ($$

Condiciones:

$$\sum_{f=1}^4 \text{Factor (n)} = 1; \sum_{s=1}^{nf} \text{SubFactor (s)} = 1; \sum_{i=1}^{ns} \text{Indicadores (i)} = 1; \\ 0 \leq [\text{Valor Variable Normalizada}] \leq 1$$

$$\text{Vulnerabilidad Social} \leq 1$$

f: número de factores; nf: número de subfactores del factor f; ns: número de indicadores del Subfactor s

La tabla 4.42, muestra los pesos medios obtenidos por la función estadística obtenidos para cada factor, subfactor y variable/indicador.

Factor Demográfico	Edad Poblacion	Pobmenor16	PobMayor65	EdadMed	%Adultos	Sexo Poblacion	Presión demografica	CrecPob	Densidad	Población Extranjera	Poblacion Turistica y Residencial	Plazas Turisticas	Pob Estacional Max
0,24	0,21	0,27	0,27	0,22	0,24	0,16	0,24	0,50	0,50	0,20	0,19	0,49	0,51
		v1	v2	v3	v4	v5		v6	v7	v8		v9	v10
Factor Social	Formacion Poblacion	Pob Estudios Oblig.	Población Estudios Post Obligatorios	Población Universitaria	NºCentros Enseñanza	Seguridad Población	Cohesión Comunidad	Participación Elecciones Locales	Superficie Equipamient o Cultural				
0,26	0,34	0,26	0,25	0,24	0,25	0,33	0,33	0,47	0,53				
		v11	v12	v13	v14	v15		v16	v17				
Factores Economicos	Nivel Econom. Población	Poblacion Renta Baja	Población Renta Alta	Nivel Econom. Municipio	Actividad Laboral Población	Afiliación SS	Parados	Valor Territorial	Actividades Económicas	Plazas Turisticas	Peso Sector Terciario	Actividades Economicas PYMEM	Energía Facturada
0,27	0,21	0,55	0,45	0,22	0,18	0,50	0,50	0,18	0,20	0,22	0,25	0,25	0,29
		v18	v19	v20		v21	v22	v23		v24	v25	v26	v27
Acceso Infraestructuras	Acceso Comunicaciones	Lineas Telefono	Lineas Internet	Acceso Medios Transporte	Vehiculos Habitante	Viviendas Difícil acceso	Acceso Centros Sanitarios	Acceso Servicios de Emergencia	Características Viviendas	Viviendas Vacias	Viviendas Alquiler	Edificios más 30 años	
0,24	0,19	0,50	0,50	0,20	0,52	0,48	0,21	0,20	0,20	0,32	0,33	0,35	
		v28	v29		v30	v31	v32	v33		v34	v35	v36	

Tabla 4.42 Pesos medios Factores, Subfactores, Indicadores de Vulnerabilidad Social

A partir de los valores normalizados de las variables consideradas para cada uno de los municipios se ha procedido a la aplicación de la fórmula de la vulnerabilidad social, teniendo en cuenta que el peso de cada uno de los factores viene representado por una función estadística. Para ello se ha recurrido a la generación de un modelo de simulación “*Latin Cube*” de 10.000 casos obteniendo los resultados presentados en la tabla 4.43. (Anexo Estadístico).

Con objeto de interpretar los resultados se ha procedido a la cartografía de las variables de base utilizadas y a los resultados (Figura 4.91).

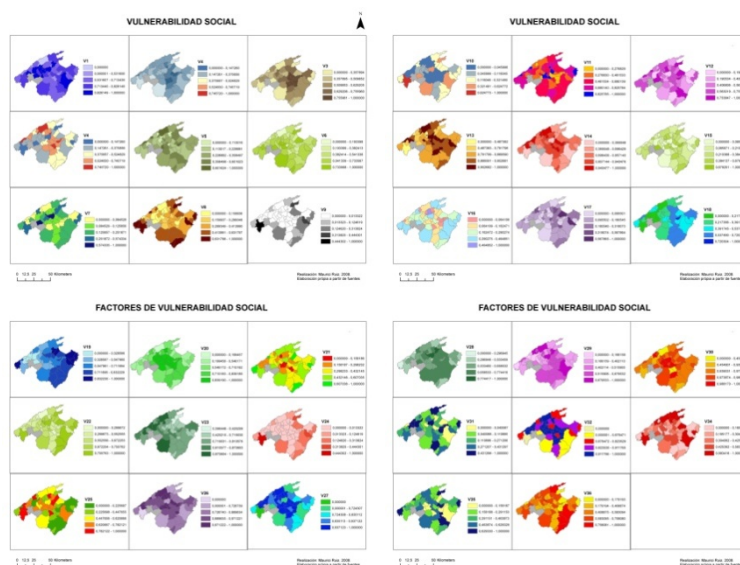


Figura 4.91. Variables consideradas en el cálculo de la vulnerabilidad social
(Anexo cartográfico: Mapas 83, 84, 85, 86)

4.5.2. Vulnerabilidad Social: Resultados

El proceso de cálculo desarrollado para el análisis de la vulnerabilidad social ha dado lugar a unos resultados de compleja interpretación. De hecho, es difícil encontrar una pauta clara en los valores de vulnerabilidad social en base a un patrón concreto: población, actividad turística, infraestructuras, nivel económico, etc. La integración de las variables normalizadas da lugar a un modelo de distribución particular. Es importante señalar que los valores obtenidos para los municipios muestran una escasa variabilidad ya que sus valores oscilan entre 0,46 a 0,66 (Máximo 1). Ello nos argumenta a decir que los municipios de la isla de Mallorca a nivel de vulnerabilidad social frente a desastres naturales responden de forma bastante similar.

Los resultados muestran que la máxima vulnerabilidad la adquiere el municipio de Ariany, seguido de Porreres, Capdepera y Marratxí. La mínima vulnerabilidad social se sitúa en los

municipios de Escorca, Bunyola, Artà, Valldemossa y Banyalbufar. (Tabla 4.43, Figuras 4.92, 4.93).

MUNICIPIO	MAXIMO	MINIMO	MEDIA	MUNICIPIO	MAXIMO	MINIMO	MEDIA
Alaró	0,65	0,44	0,54	Llucmajor	0,63	0,44	0,54
Alcúdia	0,65	0,53	0,59	Manacor	0,64	0,47	0,56
Algaida	0,65	0,44	0,54	Mancor de la Vall	0,64	0,41	0,54
Andratx	0,65	0,47	0,56	Maria de la Salut	0,69	0,48	0,60
Ariany	0,76	0,54	0,66	Marratxí	0,70	0,52	0,62
Artà	0,59	0,38	0,49	Montuïri	0,63	0,41	0,53
Banyalbufar	0,60	0,38	0,49	Muro	0,64	0,45	0,54
Binissalem	0,63	0,41	0,52	Petra	0,66	0,42	0,55
Búger	0,66	0,45	0,56	Pobla	0,64	0,47	0,56
Bunyola	0,61	0,38	0,48	Pollença	0,67	0,46	0,56
Calvià	0,58	0,43	0,51	Porreres	0,70	0,52	0,62
Campanet	0,67	0,42	0,55	Puigpunyent	0,65	0,45	0,55
Campos	0,64	0,44	0,54	Salines	0,65	0,46	0,56
Capdepera	0,69	0,54	0,62	Sant Joan	0,62	0,43	0,53
Consell	0,66	0,42	0,53	Sant Llorenç	0,57	0,38	0,49
Costitx	0,64	0,41	0,53	Santa Eugènia	0,65	0,45	0,55
Deià	0,65	0,45	0,55	Santa Margalida	0,61	0,41	0,53
Escorca	0,57	0,33	0,46	Santa Maria del Camí	0,63	0,42	0,52
Esporles	0,64	0,39	0,51	Santanyí	0,63	0,49	0,56
Estellencs	0,63	0,42	0,53	Selva	0,68	0,47	0,58
Felanitx	0,66	0,49	0,58	Sencelles	0,65	0,46	0,55
Fornalutx	0,63	0,40	0,52	Sineu	0,64	0,44	0,54
Inca	0,68	0,47	0,58	Sóller	0,64	0,44	0,54
Lloret de Vistalegre	0,71	0,50	0,61	Son Servera	0,68	0,48	0,59
Lloseta	0,65	0,43	0,55	Valldemossa	0,61	0,39	0,49
Llubí	0,71	0,48	0,61	Vilafranca de Bonany	0,65	0,42	0,54

Tabla 4.43. Distribución vulnerabilidad social a nivel municipal

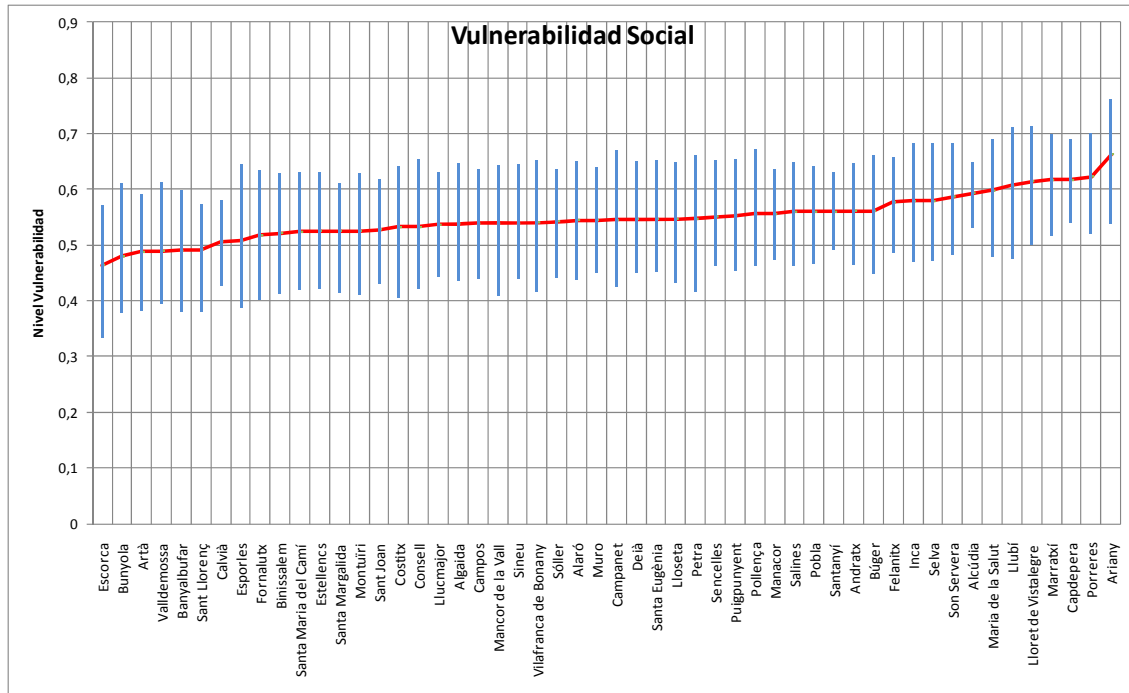


Figura 4.92. Distribución de la vulnerabilidad social en los municipios de Mallorca.

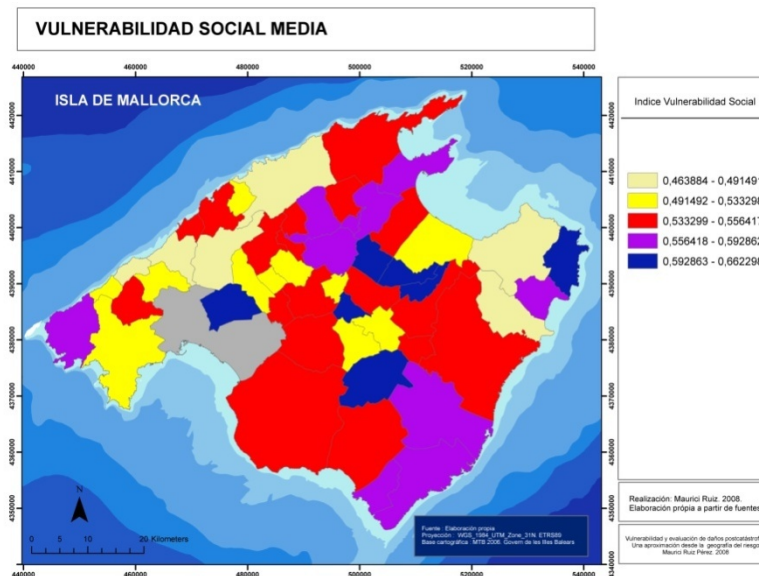


Figura 4.93.
(Anexo cartográfico: Mapa 92)

Se advierte una tendencia a que los municipios de la Serra de Tramuntana y las Serres de Llevant adquieran valores menores de vulnerabilidad social frente a los desastres naturales. Probablemente este hecho se deba a la revalorización generalizada de las zonas de montaña en los últimos años por sus valores ambientales, así como por su reducida población y su elevado nivel de renta. Los resultados también dejan patente una mayor vulnerabilidad de las zonas agrícolas motivada por el abandono que en los últimos decenios ha tenido la agricultura en la isla, así como por el envejecimiento de su población.

Los municipios más turísticos de la isla como Calvià, Santa Margalida, Muro, Andratx, Alcúdia, Capdepera tienen una respuesta variable en cuanto a vulnerabilidad social que no permiten su agrupación. Ello viene motivado por su gran heterogeneidad en cuanto a población residente, recursos económicos, número de turistas, etc.

Si analizamos el grado de variabilidad de los valores de vulnerabilidad social para cada uno de los municipios obtenidos en el modelo de simulación (Figura 4.94) comprobamos que se produce una menor variabilidad en los municipios turísticos (Alcúdia, Calvià, Santanyí..) y en los de mayor población (Manacor, Marratxí, Calvià..) que en los menos poblados (Esporles, Campanet, Petra, Escorca, Costitx). Este hecho delata que el nivel de incertidumbre es en general más elevado en municipios pequeños en los que no está clara su tendencia.

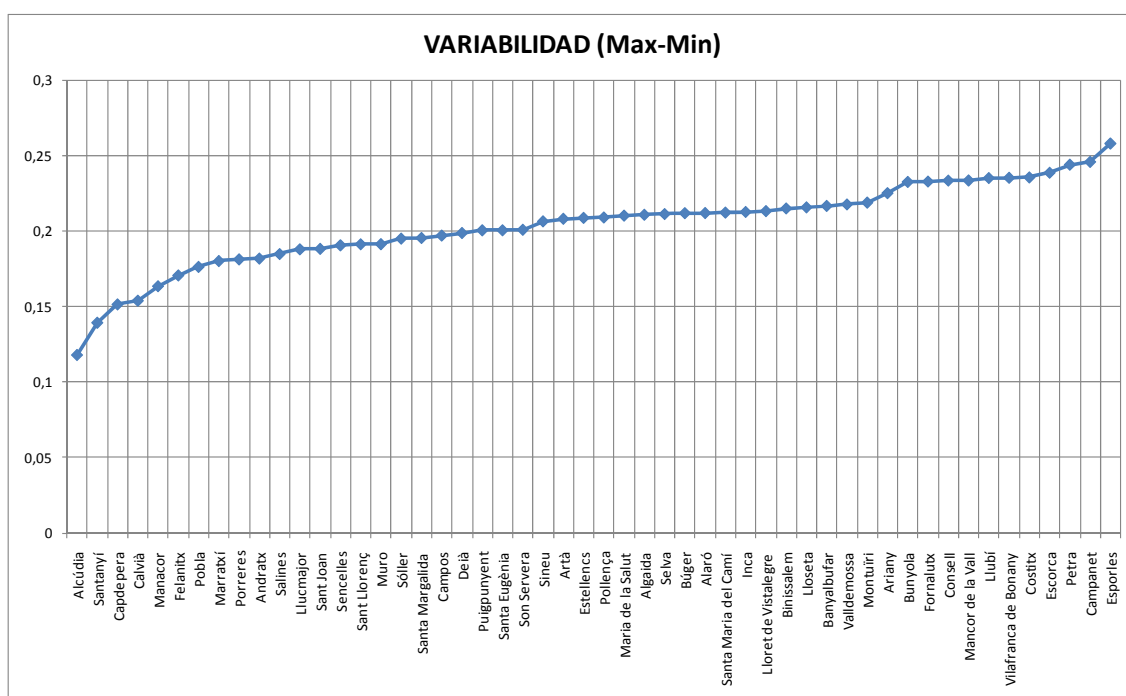


Figura 4.94. Variables consideradas en el cálculo de la vulnerabilidad social

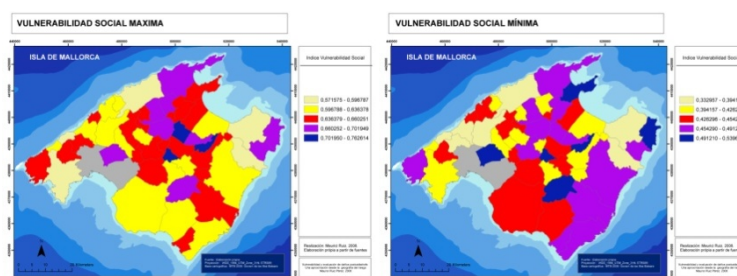


Figura 4.95. Vulnerabilidad social Máxima y Mínima
(Anexo cartográfico: Mapas 91,93)

Con objeto de valorar en detalle cada uno de los componentes considerados en el análisis de la vulnerabilidad social (factor demográfico, factor social, factor económico, factor infraestructuras) se ha procedido a su representación gráfica (figuras 4.96, 4.97, 4.98, 4.99).

El factor demográfico (Figura 4.96) muestra los municipios con mayor población residente y turística con mayor valor de vulnerabilidad como son Calvià, Alcúdia, Sant Llorenç, Santa Margalida. En cambio con menor valoración aparecen los municipios de interior, menos turísticos y con menor población. Sin embargo existen variaciones importantes entre municipios debido a la configuración de su pirámide poblacional. Los que poseen mayor porcentaje de jóvenes y mayor porcentaje de ancianos aparecen situados con mayor vulnerabilidad. El crecimiento de población y la densidad de población también juega un papel relevante, de forma que aquellos municipios que muestran mayor densidad y mayor crecimiento padecen a su vez mayor vulnerabilidad.

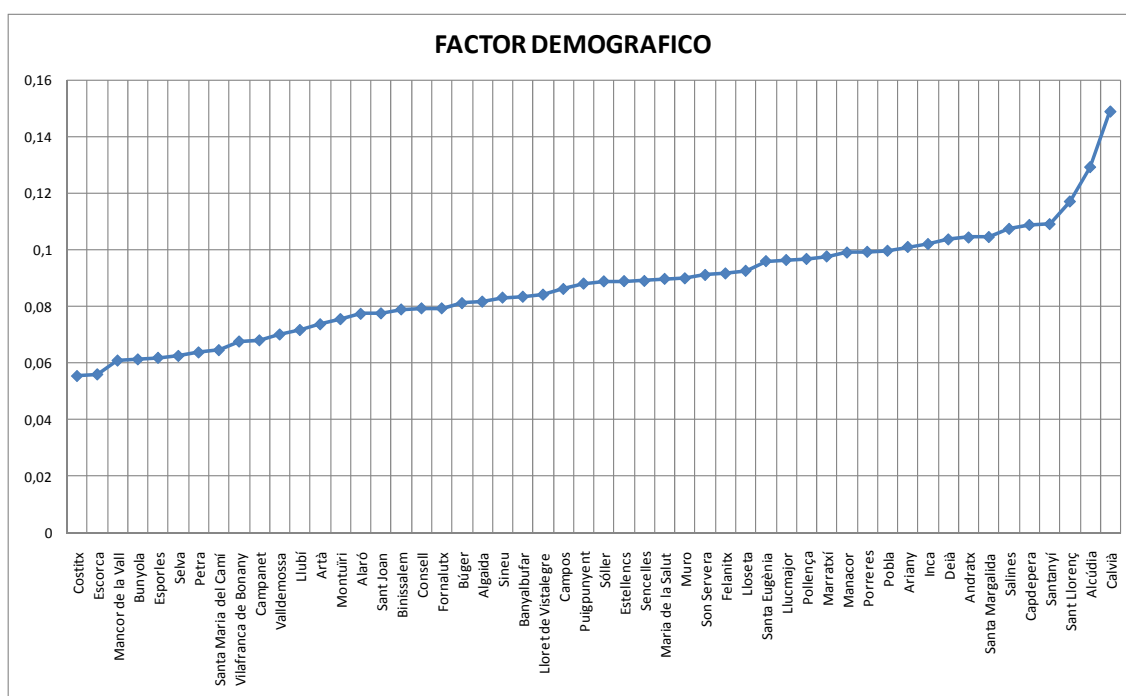


Figura 4.96. Peso del factor demográfico

El factor social analiza el nivel de formación de la población, el grado de seguridad y el grado de cohesión de la comunidad (Figura 4.97). En este caso los municipios con mayor vulnerabilidad son: Marratxí, seguido por Selva, Ariany, Porreres, y Lloret y los de menor vulnerabilidad Sant Llorenç, Santa Margalida, Logeta, Artà y Binissalem. Es difícil encontrar una pauta geográfica a este factor, ya que cada municipio presenta unas variaciones específicas en los indicadores considerados.

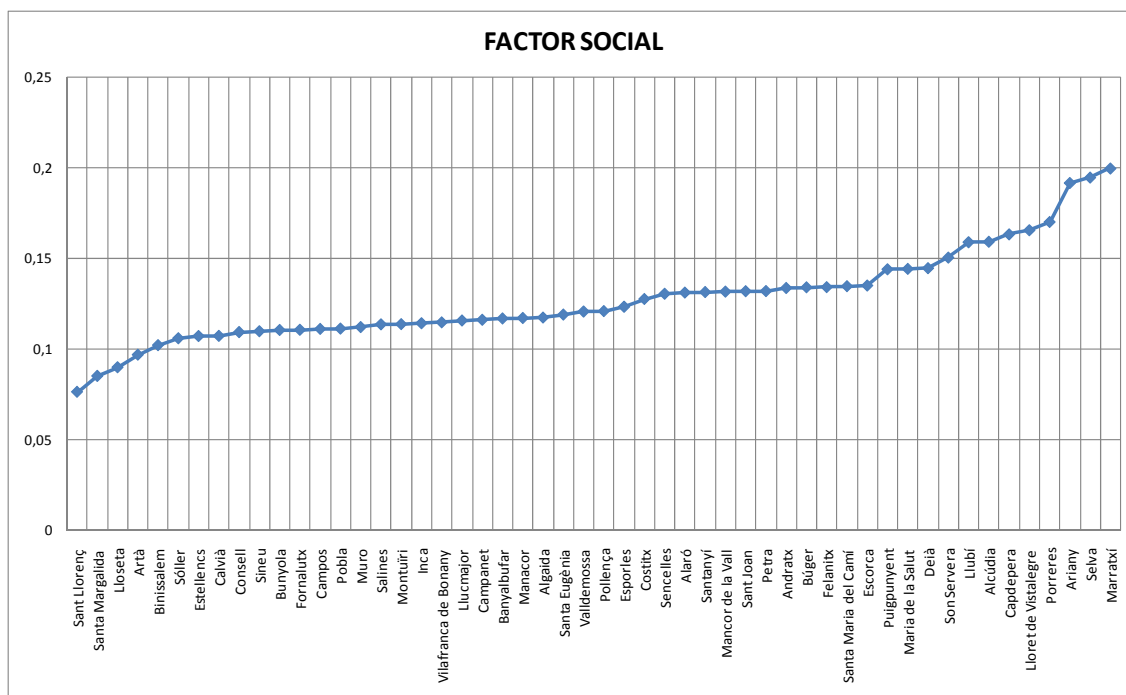


Figura 4.97. Peso del factor social

La distribución del factor económico (Figura 4.98) evidencia el nivel de renta de la población y del municipio, la actividad laboral de su población y el valor territorial. En este caso, con mayor vulnerabilidad aparecen municipios más agrícolas, alejados del núcleo de Palma (Llubi, Lloret, Lloseta, Campanet, Ariany) mientras los menos vulnerables son municipios costeros, principalmente de la serra de Tramuntana, y los próximos a Palma utilizados en su mayoría como ciudades dormitorio. Los municipios poco poblados y con elevado nivel de renta salen marcadamente destacados (Valldemossa, Deià, Banyalbufar..).

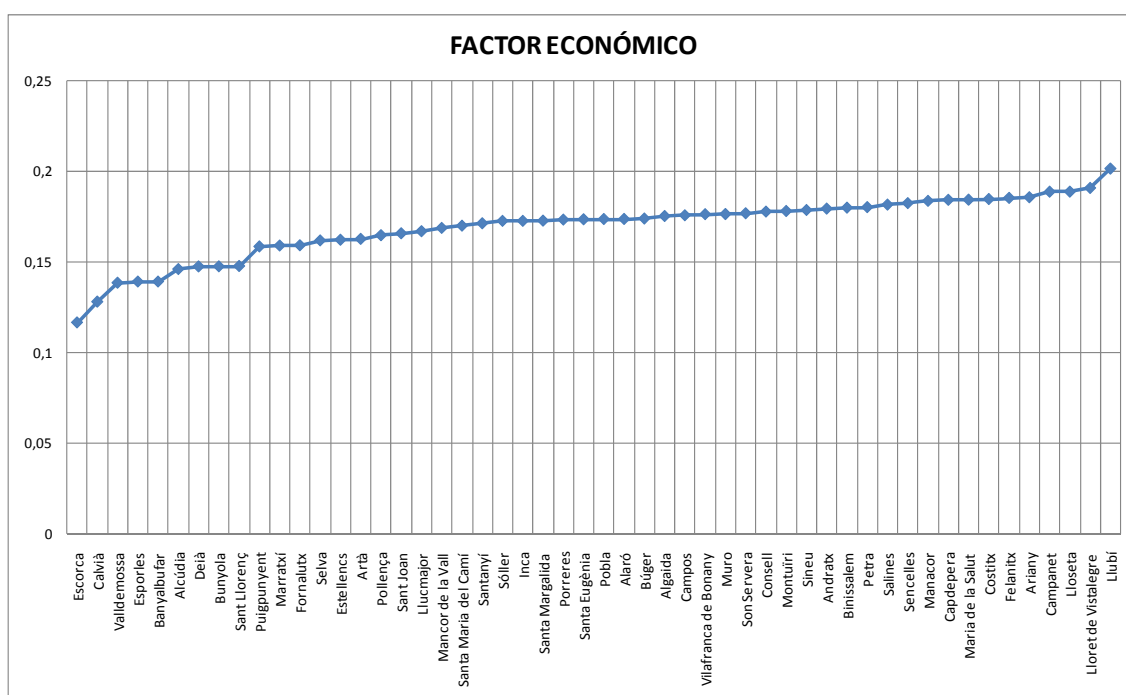


Figura 4.98. Peso del factor económico

El factor infraestructuras (Figura 4.99) tiene en cuenta principalmente el acceso de la población a las comunicaciones digitales, el acceso a medios de transporte y las características de las viviendas. Los resultados obtenidos no reflejan una tendencia territorial concreta, más bien responden a las características específicas de cada municipio. Encabezan el nivel de vulnerabilidad los municipios de Inca, Esporles y Ariany, mientras que están a la cola Calvià, Andratx y Sencelles.

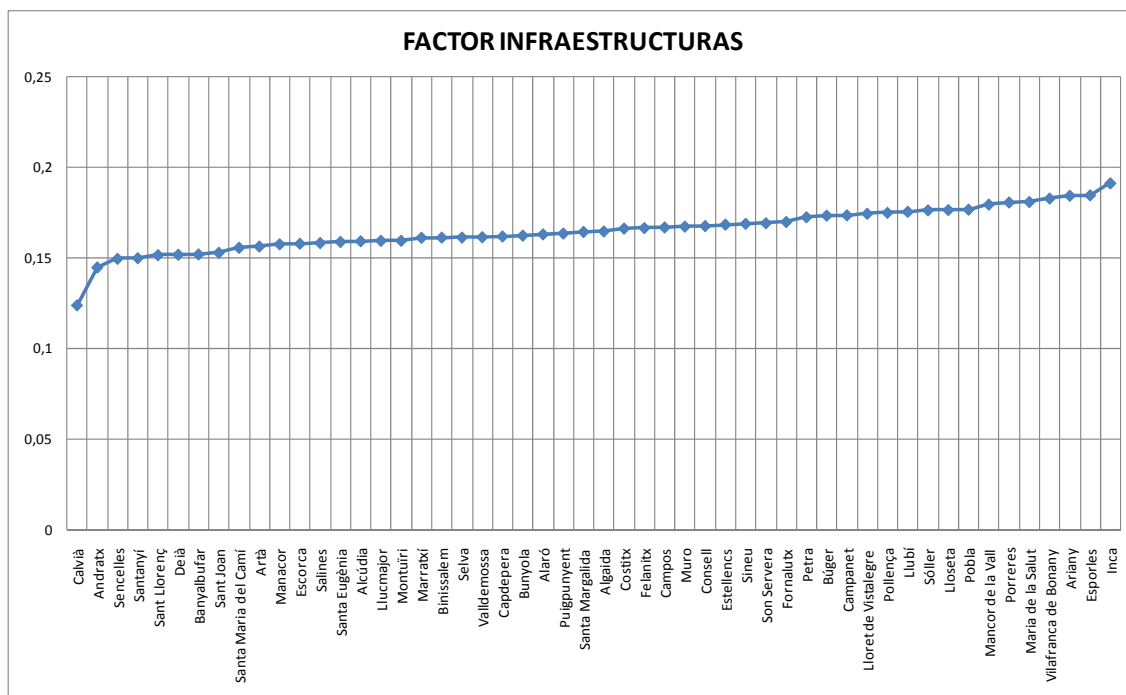


Figura 4.99. Peso del Factor Infraestructuras

Para ayudar a la interpretación de los resultados de vulnerabilidad social de ámbito municipal es adecuada la consulta de los valores que toman las variables consideradas (datos de base y variables normalizadas) en cada uno de los municipios (Anexo Estadístico). De esta forma pueden identificarse qué variables han jugado un papel preponderante en la valoración global de la vulnerabilidad del municipio.

Se observa que la vulnerabilidad social de Mallorca no advierte diferencias muy significativas a nivel municipal, hecho que argumenta que en general existe un nivel elevado de riqueza y equilibrio territorial. No se detectan grandes desequilibrios que pudieran tener una repercusión en la vulnerabilidad de las poblaciones frente a los desastres naturales.

Las actuaciones para la reducción de la vulnerabilidad social de Mallorca deberían ir encaminadas a la reducción de los desequilibrios detectados actuando sobre cada una de las variables implicadas. No se trata de actuar de forma exclusiva sobre alguno de los factores de vulnerabilidad, sino de una acción coordinada. En general se consideran de especial importancia

las acciones formativas de reducción de vulnerabilidad frente a desastres naturales que se realicen sobre la población residente, así como también en determinados casos a la población turística que utiliza segundas residencias en la isla. La exposición al peligros de incendio e inundación en particular debería ser conocida por la población así como protocolos de emergencia para la evacuación en caso de siniestros.

El riesgo de desarrollar actuaciones de prevención frente a desastres naturales en la isla puede provocar un estado de alarma en la población que podría repercutir sobre la demanda turística. Este hecho, provoca una ausencia de actuaciones formativas que debería evitarse.

Otro factor importante a considerar en la reducción de la vulnerabilidad social en Mallorca tiene que ver con la falta de cohesión social especialmente en las zonas turísticas/residenciales. Se trata de un colectivo de población de gran importancia cuantitativa y cualitativa que normalmente no establece vínculos de unión con la población residente habitual y se mantiene aislada en sus viviendas vacacionales. Habitualmente también son personas extranjeras que solo hablan su lengua y presentan problemas de comunicación. Este hecho provoca que no sea consciente de los peligros naturales a los que puede verse expuesto y no tenga mecanismos de respuesta a los siniestros. Esta circunstancia es aplicable a la población inmigrante que ha llegado a la isla los últimos años y que no establece vínculos personales con la población local, manteniéndose aislada en su propio colectivo. Asimismo, coincide que son personas con escasos recursos económicos, que no hablan las lenguas locales y no perciben los peligros a los que se hallan expuestos.

Las zonas agrícolas del interior de la isla que no han experimentado un crecimiento urbanístico y económico directo derivado del desarrollo turístico experimentan, de igual manera, un cierto incremento de la vulnerabilidad social a los desastres naturales derivado de la falta de recursos, envejecimiento de la población y reducción de infraestructuras. Afortunadamente en su mayoría son zonas en las que la exposición a los peligros naturales no suele ser elevada, y en que la cohesión social es alta. En estos casos las actividades formativas en materia de prevención de riesgos son la mejor medida para la reducción de la vulnerabilidad.

La Figura 4.100. señala la ausencia de relación entre el valor territorial en relación a la vulnerabilidad social.

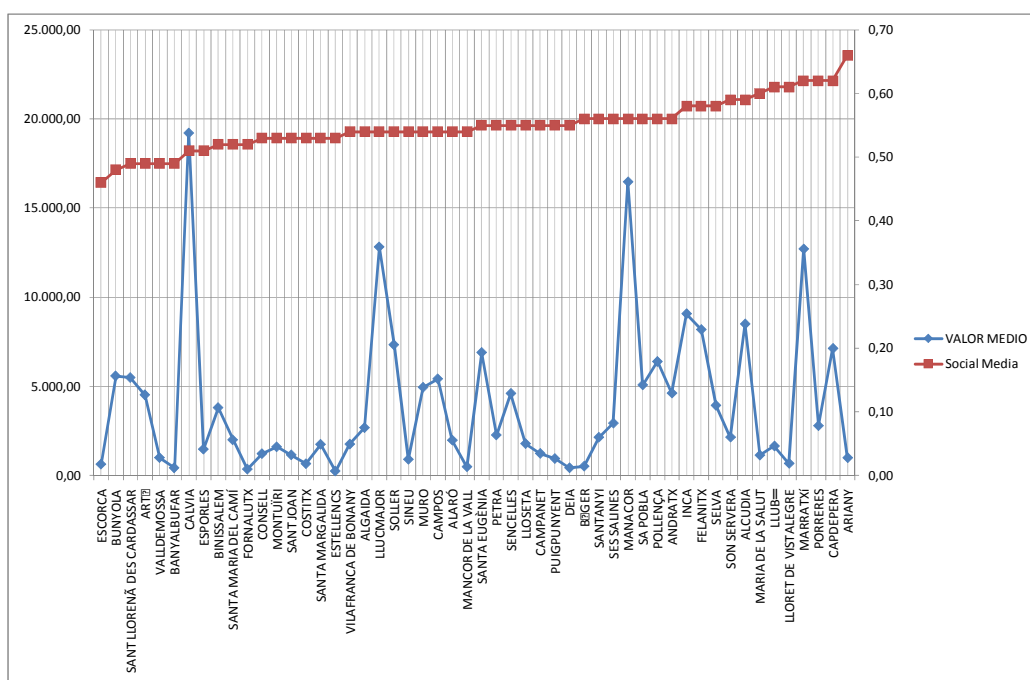


Figura 4.100. Valor económico (Millones Euros) / Vulnerabilidad Social Media (%)

4.6. Vulnerabilidad territorial Integrada

En este apartado procederemos al cálculo de la vulnerabilidad territorial integrada que obtendremos a partir de la Vulnerabilidad por Exposición y de la Vulnerabilidad Social.

Metodología

Tal y como señalamos en el apartado 3, a partir del cálculo de la exposición territorial vulnerabilidad intrínseca territorial y vulnerabilidad social será posible la obtención de la vulnerabilidad territorial integrada según la siguiente expresión:

$$VTI = \left(\sum_{ft=1}^m \left(\frac{\sum_{p=1}^n (Va_{ft} Tp_p) V_{I_{ft}} V_S}{n} \right) \right)$$

ft : factor territorial (población, infraestructuras/equipamientos, ocupación suelo, medio ambiente)

p: tipo de peligro (inundación, terremoto, deslizamiento, tsunami, etc)

Va : Valor de los factores territoriales

Tp: Territorio en peligro

Vi : Vulnerabilidad Intrínseca

Vs : vulnerabilidad social

Dado que no contaremos con la Vulnerabilidad Intrínseca, podemos decir que el producto de los datos de la vulnerabilidad por exposición por los de vulnerabilidad social dará lugar a la vulnerabilidad territorial integrada:

$$VTI = \left(\sum_{ft=1}^m \left(\frac{\sum_{p=1}^n (Va_{ft} Tp_p) V_S}{n} \right) \right)$$

ft : factor territorial (población, infraestructuras/equipamientos, ocupación suelo, medio ambiente)

p: tipo de peligro (inundación, terremoto, deslizamiento, tsunami, etc)

n : número de peligros considerados

Va : Valor de los factores territoriales

Tp: Territorio en peligro

Vi : Vulnerabilidad Intrínseca

Vs : vulnerabilidad social

Es decir de forma resumida, obtendremos la Vulnerabilidad Territorial integrada según la siguiente expresión:

$$VTI = \text{Vulnerabilidad por Exposición} \times \text{Vulnerabilidad Social}$$

Nivel Municipal

A nivel municipal el cálculo de la vulnerabilidad territorial integrada se realiza directamente por la multiplicación para cada municipio de los datos de vulnerabilidad por exposición (euros) por el coeficiente de vulnerabilidad social obtenido para cada municipio. Teniendo en cuenta que la información de vulnerabilidad por exposición y la vulnerabilidad social se han obtenido por sendos procesos de simulación, se dispone de unos valores máximo, mínimo y medio para cada municipio. Podremos así obtener directamente unos valores promedio para la vulnerabilidad territorial integrada (VTI) mediante el producto directo de los mismos.

$$\begin{aligned}\text{Vulnerabilidad Territorial Integrada (mínima)} &= \text{Vulnerabilidad por Exposición (mín.)} \times \text{Vulnerabilidad Social (mín.)} \\ \text{Vulnerabilidad Territorial Integrada (media)} &= \text{Vulnerabilidad por Exposición (media)} \times \text{Vulnerabilidad Social (media)} \\ \text{Vulnerabilidad Territorial Integrada (máxima)} &= \text{Vulnerabilidad por Exposición (máx.)} \times \text{Vulnerabilidad Social (máx.)}\end{aligned}$$

Consideramos que no es preciso la generación de un nuevo modelo de simulación matemática ya que los valores que obtenemos también responden a un rango. El resultado obtenido se presenta en la tabla 4.44.

Nivel Retículas

Puesto que únicamente se dispone de información sobre la vulnerabilidad social a nivel municipal, el cálculo de la VTI para cada retícula deberá realizarse en función del porcentaje de cada municipio incluido en cada retícula. El proceso metodológico ha sido el siguiente:

- Cálculo del porcentaje de la superficie de municipio incluido en cada retícula, obtenido mediante superposición del mapa de municipios sobre las mallas de 1x1 Km. y 5x5 Km. (Anexo Estadístico).
- Cálculo del valor económico mínimo, medio y máximo de cada retícula a partir de la siguiente expresión:

$$\sum_{i=1 \text{ to } n} \text{Valor Retícula} * \% \text{ Municipio (n)} * \text{Vulnerabilidad Social Municipio (n)}$$

(n: n° municipios)

Resultados

El modelo de cálculo que hemos utilizado para la obtención de la vulnerabilidad territorial integrada (VTI) supone la obtención e integración de diversos componentes territoriales relacionados con el riesgo territorial el territorio expuesto a los peligros territoriales, el valor del territorio, la vulnerabilidad por exposición y la vulnerabilidad social. Cada uno de dichos componentes como vimos en anteriores apartados proporciona información relevante desde la perspectiva de la prevención de los riesgos territoriales y puede ayudar al desarrollo de instrumentos (políticas, planes, programas, proyectos) para la reducción de las pérdidas potenciales ocasionadas por un posible desastre natural en los diferentes componentes territoriales.

Son muchas las cuestiones relevantes que se han descubierto en la interpretación de los diversos resultados cartográficos y estadísticos obtenidos en relación con la vulnerabilidad: dónde se concentra el peligro, qué componentes del territorio manifiestan mayor exposición, que zonas poseen mayor valor económico, dónde se concentra la población, etc.

La VTI es una variable de síntesis cuya interpretación aporta una información combinada de dónde se ubican los valores territoriales, cuáles de ellos están expuestos a los peligros naturales y a su vez, qué capacidades tiene la población de dichos lugares para responder a un desastre. La combinación de conceptos es clave, ya que ayuda a detectar dónde debería actuarse de forma más inmediata desde la perspectiva de la prevención: zonas de máximo valor/zonas expuestas/zonas cuya población es muy vulnerable desde el punto de vista social. El modelo utilizado proporciona los resultados en unidades cuantitativas monetarias (euros) mediante el producto de los valores territoriales expuestos por un porcentaje de vulnerabilidad, pero podría haberse realizado una ponderación previa y optar por reducir o aumentar la importancia de cada uno de los factores considerados.

Los resultados obtenidos de VTI para la isla de Mallorca tanto a nivel municipal como a nivel de retícula de 5x5 Km. y 1x1 Km. muestran la enorme importancia de la distribución de los recursos territoriales y su exposición a los peligros naturales. A pesar de que la vulnerabilidad social, como vimos en el capítulo anterior alcanza unos valores muy heterogéneos y difíciles de prever en los municipios, el peso de la vulnerabilidad por exposición a pesar de ser corregida mantiene sus tendencias principales manteniendo los municipios más poblados/turísticos o bajo la influencia de Palma a la cabeza de la vulnerabilidad (Calvià, Manacor, Lluçmajor, Marratxí, Alcúdia, Pollença...). En los valores más bajos se encuentran las áreas que concentran menores valores territoriales. (Figuras 4.102, Tabla 4.44, Anexo Estadístico)

municipio	Exposicion Max	Exposicion Mínima	Exposición Media	VulSocMax	VulSocMin	VulSocMedia	VulInMax	VulInMedia	VulInMed	ValorMax	ValorMin	ValorMed
ALARÓ	1.364,75	614,32	990,74	0,65	0,44	0,54	887,09	270,30	535,00	2.752,63	1.274,67	1.967,22
ALCUDIA	5.885,90	1.999,43	3.642,34	0,65	0,53	0,59	3.825,83	1.059,70	2.148,98	13.838,10	4.698,12	8.494,63
ALGAIDA	1.213,35	533,66	853,15	0,65	0,44	0,54	788,68	234,81	460,70	3.763,95	1.672,88	2.670,82
ANDRATX	3.682,84	1.630,64	2.623,10	0,65	0,47	0,56	2.393,84	766,40	1.468,93	6.585,21	2.800,92	4.609,97
ARIANY	453,35	193,00	320,02	0,76	0,54	0,66	344,55	104,22	211,22	1.413,77	564,81	980,77
ART L	2.947,22	1.337,97	2.095,62	0,59	0,38	0,49	1.738,86	508,43	1.026,85	6.348,29	2.850,54	4.517,80
BANYALBUFAR	416,01	167,94	274,47	0,60	0,38	0,49	249,61	63,82	134,49	592,76	239,91	414,45
BINISALEM	1.432,53	607,22	1.002,37	0,63	0,41	0,52	902,49	248,96	521,23	5.410,60	2.468,17	3.798,96
B I-GER	211,16	101,86	150,01	0,66	0,45	0,56	139,36	45,83	84,00	703,24	333,40	507,21
BUNYOLA	4.231,78	1.880,62	3.061,69	0,61	0,38	0,48	2.581,38	714,64	1.469,61	7.802,25	3.458,80	5.578,32
CALVIA	13.513,69	4.938,14	8.957,16	0,58	0,43	0,51	7.837,94	2.123,40	4.568,15	29.828,89	11.021,54	19.214,26
CAMPANET	828,79	373,21	586,49	0,67	0,42	0,55	555,29	156,75	322,57	1.789,90	720,07	1.225,60
CAMPOS	2.791,55	1.181,71	1.943,38	0,64	0,44	0,54	1.786,59	519,95	1.049,43	7.724,56	3.380,70	5.414,17
CAPDEPERA	4.736,30	1.574,58	3.003,42	0,69	0,54	0,62	3.268,05	850,27	1.862,12	11.063,56	3.945,45	7.123,14
CONSELL	434,54	198,05	303,94	0,66	0,42	0,53	286,79	83,18	161,09	1.685,92	804,08	1.213,01
COSTITX	267,49	112,19	190,97	0,64	0,41	0,53	171,19	46,00	101,21	937,08	384,16	647,58
DEIA	402,62	172,78	281,43	0,65	0,45	0,55	261,70	77,75	154,79	606,34	254,80	421,05
ESCORCA	575,49	261,88	415,80	0,57	0,33	0,46	328,03	86,42	191,27	861,54	387,25	620,11
ESPORLES	1.182,57	552,38	828,17	0,64	0,39	0,51	756,84	215,43	422,36	2.092,48	966,19	1.464,27
ESTELLENC	213,50	94,36	151,09	0,63	0,42	0,53	134,51	39,63	80,08	325,46	140,88	234,23
FELANITX	3.709,92	1.458,44	2.527,00	0,66	0,49	0,58	2.448,55	714,64	1.465,66	12.228,02	4.827,32	8.182,15
FORNALUTX	333,69	149,19	236,99	0,63	0,40	0,52	210,22	59,68	123,23	488,17	217,46	343,81
INCA	3.882,74	1.611,72	2.638,68	0,68	0,47	0,58	2.640,26	757,51	1.530,43	12.865,79	5.577,03	9.068,65
LLORET DE VISTALEGRE	302,71	134,03	210,24	0,71	0,50	0,61	214,93	67,02	128,25	941,13	422,50	665,19
LLOSETA	974,47	442,85	699,96	0,65	0,43	0,55	633,41	190,43	384,98	2.481,52	1.145,34	1.776,29
LLUB=	654,22	300,87	465,66	0,71	0,48	0,61	464,50	144,42	284,05	2.346,08	1.065,02	1.642,35
LLUCMAJOR	6.595,57	2.838,04	4.452,96	0,63	0,44	0,54	4.155,21	1.248,74	2.404,60	18.236,55	7.953,54	12.822,88
MANACOR	7.867,46	3.306,09	5.345,54	0,64	0,47	0,56	5.035,17	1.553,86	2.993,50	23.584,11	9.883,07	16.477,71
MANCOR DE LA VALL	384,67	163,19	266,18	0,64	0,41	0,54	246,19	66,91	143,74	678,03	298,15	477,76
MARIA DE LA SALUT	552,81	225,34	370,35	0,69	0,48	0,60	381,44	108,17	222,21	1.693,18	637,36	1.123,93
MARRATXI	5.198,50	2.479,43	3.732,74	0,70	0,52	0,62	3.638,95	1.289,30	2.314,30	17.568,41	8.239,79	12.707,28
MONTUÍRI	659,13	289,40	464,67	0,63	0,41	0,53	415,25	118,65	246,27	2.259,04	997,55	1.596,00
MURO	2.704,42	1.013,28	1.771,06	0,64	0,45	0,54	1.730,83	455,98	956,37	7.971,33	2.776,16	4.939,88
PETRA	1.102,12	475,06	758,50	0,66	0,42	0,55	727,40	199,52	417,18	3.261,94	1.435,56	2.259,41
SA POBLA	2.682,34	1.121,20	1.882,06	0,64	0,47	0,56	1.716,70	526,96	1.053,95	7.189,10	3.171,24	5.070,69
POLLENÇA	5.172,82	2.287,93	3.563,00	0,67	0,46	0,56	3.465,79	1.052,45	1.995,28	9.250,36	4.129,82	6.387,23
PORRERES	1.211,04	538,39	851,06	0,70	0,52	0,62	847,73	279,96	527,66	3.996,39	1.810,96	2.779,97

PUIGPUNYENT	790,47	345,15	557,53	0,65	0,45	0,55	513,81	155,32	306,64	1.312,28	587,68	935,47
SES SALINES	1.457,84	531,39	946,80	0,65	0,46	0,56	947,59	244,44	530,21	4.559,50	1.581,01	2.926,13
SANT JOAN	497,44	206,50	336,78	0,62	0,43	0,53	308,41	88,79	178,49	1.639,36	663,73	1.143,88
SANT LLORENÇ DES CARDASSAR	2.880,14	962,03	1.819,78	0,57	0,38	0,49	1.641,68	365,57	891,69	9.032,18	2.904,49	5.486,36
SANTA EUGÈNIA	3.308,95	1.223,55	2.171,62	0,65	0,45	0,55	2.150,82	550,60	1.194,39	10.890,41	3.815,13	6.894,74
SANTA MARGALIDA	1.140,48	494,92	793,29	0,61	0,41	0,53	695,69	202,92	420,44	2.473,25	1.079,34	1.738,24
SANTA MARIA DEL CAMÍ	841,36	342,15	571,74	0,63	0,42	0,52	530,06	143,70	297,30	2.951,79	1.250,23	1.989,17
SANTANYI	957,15	417,74	664,37	0,63	0,49	0,56	603,00	204,69	372,05	3.069,77	1.325,47	2.133,21
SELVA	3.452,00	1.565,93	2.412,76	0,68	0,47	0,58	2.347,36	735,99	1.399,40	5.487,50	2.592,89	3.925,81
SENCELLES	2.451,56	1.023,76	1.635,10	0,65	0,46	0,55	1.593,51	470,93	899,31	6.639,04	2.827,42	4.593,54
SINEU	441,82	204,49	318,44	0,64	0,44	0,54	282,77	89,98	171,96	1.293,43	572,95	897,12
SOLLER	3.786,53	1.523,00	2.553,43	0,64	0,44	0,54	2.423,38	670,12	1.378,85	10.994,32	4.402,31	7.331,65
SON SERVERA	1.152,27	534,04	831,72	0,68	0,48	0,59	783,55	256,34	490,72	2.977,47	1.443,93	2.138,56
VALLDEMOSSA	869,60	376,86	590,41	0,61	0,39	0,49	530,46	146,97	289,30	1.396,63	618,99	988,44
VILAFRANCA DE BONANY	673,50	304,01	485,10	0,65	0,42	0,54	437,78	127,68	261,96	2.428,16	1.092,60	1.750,48

Tabla 4.44. Vulnerabilidad Territorial Integrada. Nivel Municipal.

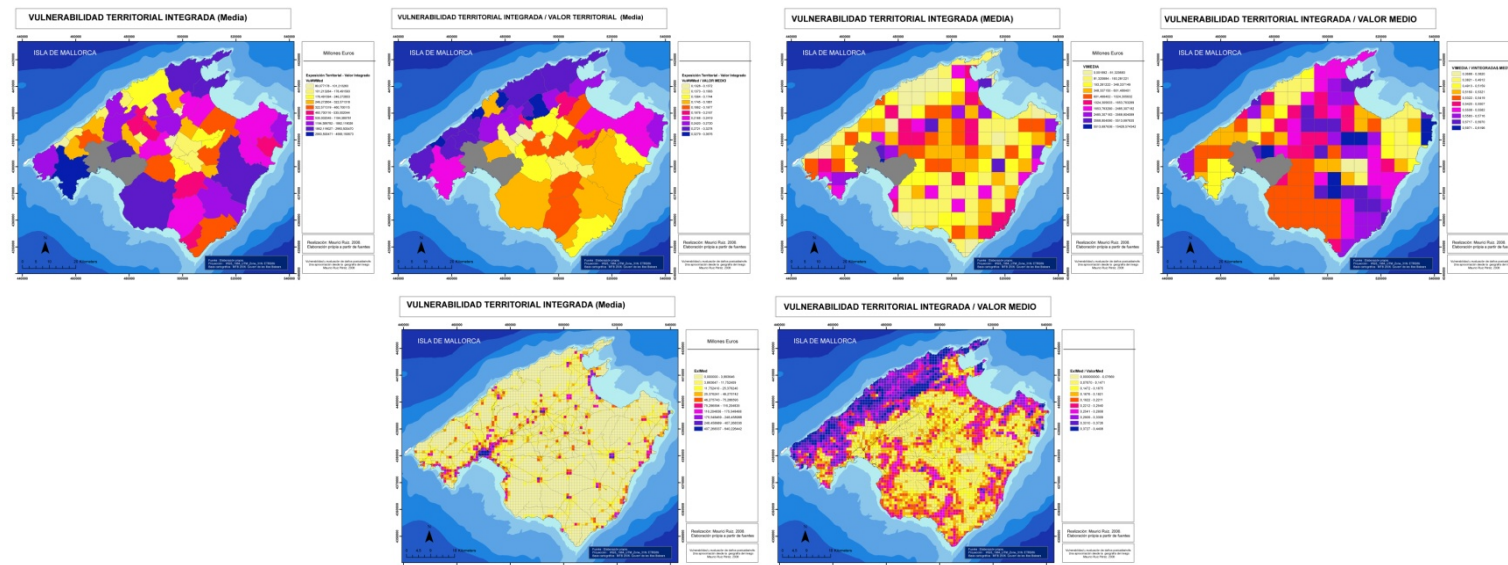


Figura 4.101. Mapas de Vulnerabilidad Territorial Integrada Media, y Vulnerabilidad Territorial Integrada Normalizada con Valor Territorial (Anexo cartográfico: Mapas 94,95,96,97,98,99)

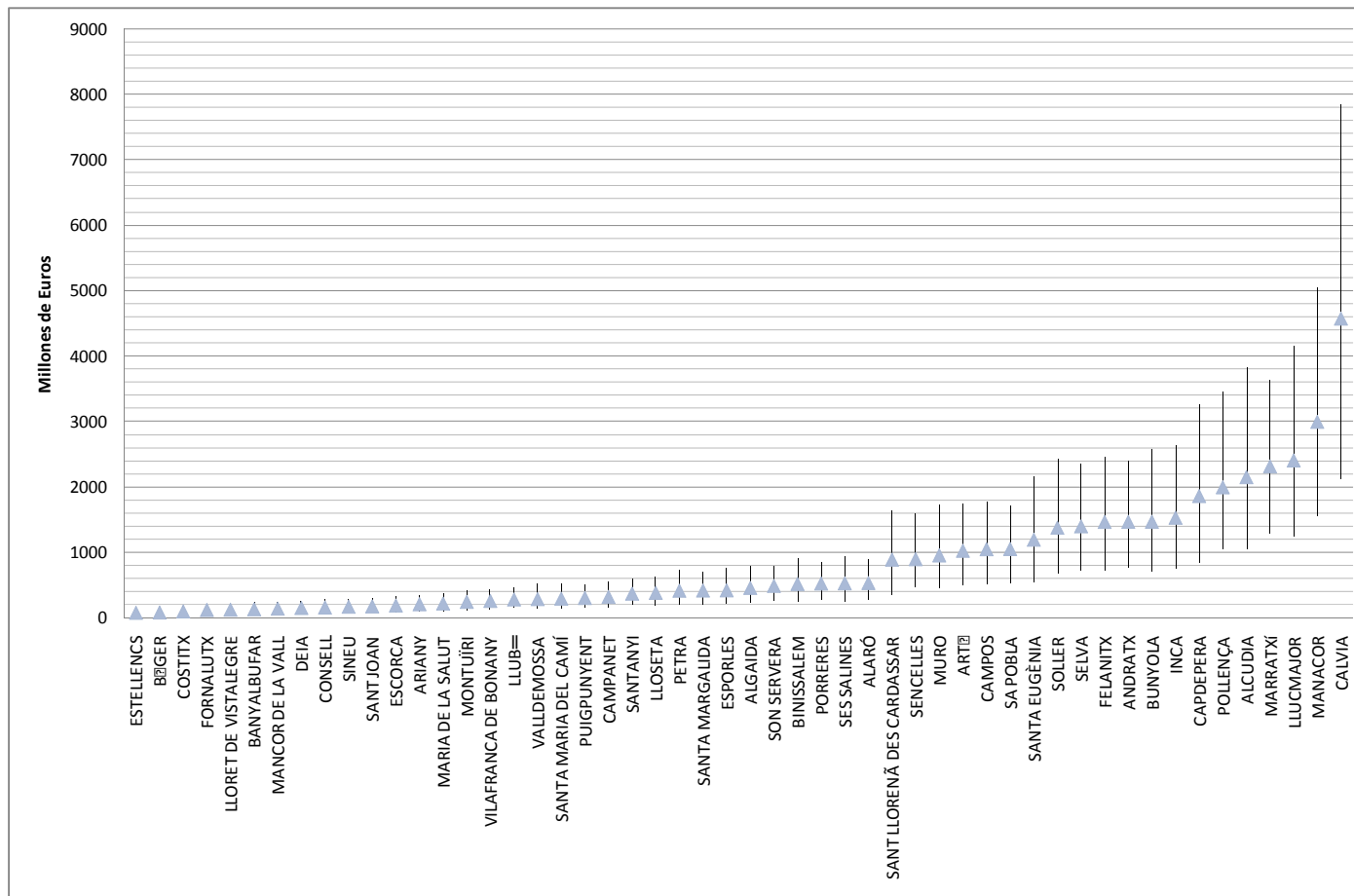


Figura 4.102. Vulnerabilidad Territorial Integrada Nivel Municipal.

Para conocer la relación de cada unidad geográfica entre su Vulnerabilidad Territorial Integrada y su Valor Territorial integro (es decir, saber que cantidad de bienes son vulnerables en relación con los bienes que se poseen), se han normalizado los valores de VTI con el Valor Territorial. Un valor máximo igual a 1, supondría que todo el territorio de la unidad geográfica es vulnerable. Según esta relación, los municipios que aparecen con mayor nivel de vulnerabilidad territorial integrada – normalizada son los pequeños municipios de la Serra de Tramuntana, Deià, Fornalux Selva, Estellencs, Puigpunyent,.. mientras que los menos vulnerables son los pequeños municipios del interior de la isla: Consell, Binissalem, Santa Maria del Camí, Vilafranca, Montuïri, etc. La gráfica no destaca los municipios más poblados y con mayor infraestructuras han tenido gran protagonismo en todo el proceso de evaluación de vulnerabilidades y dejan patente la relación valor territorial/vulnerabilidad. La figura 4.101 presenta los resultados cartográficos de este índice a nivel municipal, retículas 5x5 Km. y retícula 1x1 Km.

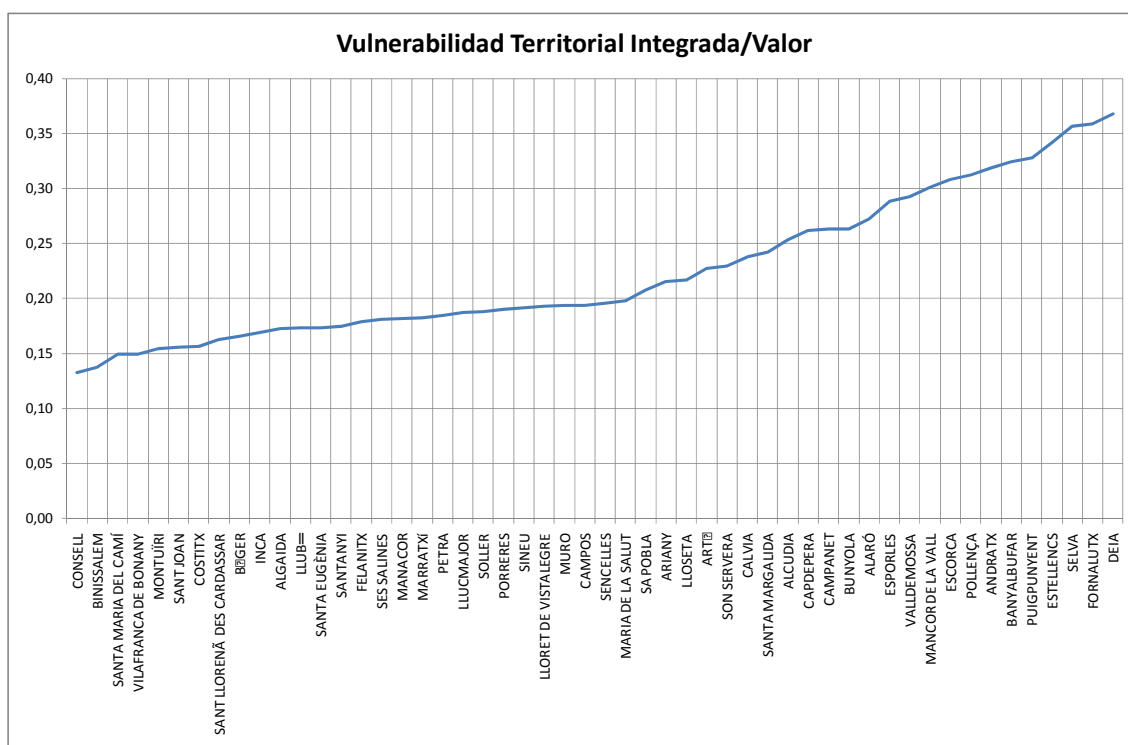


Figura 4.103. Vulnerabilidad Territorial Integrada / Valor Territorial Medio

5. Metodología para la evaluación de daños/pérdidas postcatástrofe

En este apartado se propone una metodología para la evaluación de pérdidas postcatástrofe basada en el uso de tecnologías de la información geográfica.

Valorar de forma automática e inmediata el coste provocado por un evento catastrófico es una tarea compleja y hasta hace poco se podía considerar inalcanzable. Como en otros campos, la aplicación de las tecnologías de la información y las comunicaciones ha revolucionado por completo las técnicas tradicionales de análisis de información en el ciclo de los riesgos territoriales. En la actualidad existen experiencias reseñables en el desarrollo de sistemas automatizados para la evaluación de daños tal y como vimos en apartados anteriores (pe. el sistema HAZUS de la Federal Emergency Management Agency (<http://www.fema.gov/plan/prevent/hazus/>)). Sin embargo, ninguno de ellos se adapta de forma adecuada a ser utilizados en el ámbito Europeo y en menor medida al ámbito geográfico de Baleares.

Tal y como señalamos en capítulos anteriores, los daños provocados por una catástrofe pueden ser de diversa tipología. Se pueden producir daños directos (sobre la población, las infraestructuras, el equipamiento, bienes inmuebles, etc.), daños indirectos (efectos sobre la actividad productiva, sector terciario, etc) y daños secundarios (alteración de indicadores macroeconómicos, cambios en el PIB, etc.). La magnitud de los daños además de estar directamente relacionada con la intensidad de los eventos catastróficos tiene una gran correlación con el grado de vulnerabilidad del territorio y la resiliencia de las sociedades frente a catástrofes.

Para evaluar qué daños directos se manifiestan tras una catástrofe es necesario detectar qué elementos del patrimonio territorial han sido dañados. Debe saberse o estimarse qué valor tenían antes del siniestro y calcular sus costes de reposición o reparación. Por tanto, conocer el patrimonio territorial, dónde se localiza, cuáles son sus características y qué valor tiene es una tarea básica en el proceso de evaluación de pérdidas. Para llevar a término dicha tarea se precisa un importante esfuerzo de inventario, sistematización y mantenimiento que no todos los gobiernos pueden permitirse. Las administraciones públicas tradicionalmente hacen esfuerzos considerables en conocer su patrimonio y normalmente compensan esas energías grabando impuestos a sus propietarios. Sin embargo, existen multitud de bienes de naturaleza pública que al estar exentos de sanción impositiva son difíciles de valorar.

Las compañías de seguros también tienen un gran interés en conocer el valor del patrimonio de sus asegurados, así como de conocer los peligros a los cuales se haya expuesto. A partir de ello, establecen el valor de las primas de las pólizas. La valoración del daño y el cálculo de las pérdidas representa una tarea necesaria para compensar los bienes asegurados tareas que se realizan con gran rigor y exhaustividad.

Conocer qué se ha dañado, y qué se ha perdido tras una catástrofe ayuda a prevenir futuros eventos, contribuye a mejorar la vulnerabilidad del patrimonio, así como facilita el desarrollo de actuaciones de prevención que incrementan la resiliencia del territorio.

La transversalidad de las cuestiones medioambientales se manifiesta de forma evidente en todos los aspectos relacionados con los riesgos territoriales y de igual modo en el proceso de evaluación de daños. Los modelos de desagregación competencial en cuanto a temáticas y territorios de los Estados suelen entrar en conflicto en caso de catástrofes. La valoración de daños no escapa a dicho problema y de no estar regulado de forma expresa, genera importantes conflictos y vacíos competenciales.

El fondo de solidaridad europeo, (**Council Regulation (EC) No [2012/2002](http://europa.eu/legislation_summaries/regional_policy/provisions_and_instruments/g24217_en.htm) of 11 November 2002**) http://europa.eu/legislation_summaries/regional_policy/provisions_and_instruments/g24217_en.htm [Consultado 12.09.2010], está orientado a compensar las pérdidas producidas por catástrofes naturales a los estados miembros, fomenta a los estados europeos a disponer de sistemas estandarizados, rápidos, rigurosos y eficaces en la evaluación de daños postcatástrofe. El reglamento de aplicación de los fondos establece plazos temporales notablemente breves para su solicitud, lo cual hace necesario disponer de sistemas eficaces en la gestión de las catástrofes y en evaluación de daños.

Tras producirse una catástrofe se pasa a una fase de emergencia en la que la prioridad es la salvaguarda de vidas humanas y el restablecimiento básico de los servicios y equipamientos. Durante la emergencia se deben evaluar de forma rápida los daños con objeto de establecer estrategias de recuperación de pérdidas. En esta etapa se prioriza la recuperación de infraestructuras y servicios estratégicos. Sin embargo, no resulta apropiado compatibilizar acciones de evaluación de daños con acciones de salvamento o recuperación de heridos. Tal y como señalan diversos manuales, es aconsejable que las primeras tareas de evaluación de daños “*in situ*” siempre sean posteriores a una primera fase de crisis de la emergencia.

Se considera necesario analizar los eventos catastróficos en profundidad para mejorar la planificación del territorio. Las catástrofes evidencian errores en las tareas de planificación, así como en la gestión de riesgos y en la gestión de la emergencia. La evaluación de daños es un proceso multidimensional en el que participan multitud de factores. La evaluación posee una componente espacial (localización de elementos dañados) y una componente temporal (antes/después de la catástrofe).

Para que el proceso de evaluación de daños sea provechoso desde el punto de vista de la prevención frente a desastres naturales, debe entenderse como un proceso de evaluación de la vulnerabilidad emergente y debe servir para aprender de los efectos que ha provocado la catástrofe sobre el territorio. Para ello, es preciso que el estudio de la catástrofe dé respuesta a un amplio conjunto de cuestiones antes y después del evento tal y como recogen las figuras 5.1 y 5.2.

Preguntas PRE - Catástrofe	
¿ Qué elementos del patrimonio territorial podrían verse afectados catástrofe potencial?	¿ Qué tipo de daños podría manifestar cada elemento para cada tipo de catástrofe ?
¿ Qué vulnerabilidad intrínseca tienen los elementos del patrimonio territorial frente a catástrofes naturales ?	¿ Qué coste podría derivarse por sustitución / rehabilitación de elementos del patrimonio territorial?
¿ Qué vulnerabilidad por exposición tienen los elementos del patrimonio territorial ?	

Figura 5.1. Preguntas a las que debe responder el análisis de daños. Precatástrofe.

Preguntas POST - Catástrofe	
¿Qué se ha producido ?	¿Hay que sustituir dicho elemento ?
¿Qué atributos tiene la catástrofe ?	¿Hay que rehabilitar dicho elemento ?
¿Qué se ha dañado ?	¿Con qué prioridad hay que rehabilitar el elemento ?
¿Cual era el estado pre-catástrofe de ese elemento ?	¿Qué pérdidas económicas ha provocado ?
¿Cual es el estado post-catástrofe de ese elemento ?	¿Qué importancia tienen dichas pérdidas en el PIB region ?
<p>El elemento dañado</p> <p>¿ Era vulnerable intrínsecamente ?</p> <p>- Si (Se evidencia su vulnerabilidad)</p> <p>- No (Se evidencian criterios de vulnerabilidad)</p> <p>¿ Estaba afectado por algún peligro ?</p> <p>- Si (Se confirma su exposición al peligro)</p> <p>- No (Se evidencia una deficiencia en la detección del peligro)</p>	
<p>¿ Cómo pueden comunicarse los daños ?</p>	
¿ Cómo evaluar los daños/pérdidas derivadas de una catástrofe en un corto periodo de tiempo ?	¿ Cómo desarrollar una metodología exportable a todos los Países de la UE ?
¿ Cómo disponer de un lenguaje común en los procesos de evaluación de daños ?	¿ Cómo representar cartográficamente los daños y las pérdidas patrimoniales derivadas de una catástrofe ?
<p>¿ Cómo considerar la evaluación de daños directos, indirectos y secundarios ?</p>	

Figura 5.2. Preguntas a las que debe responder el análisis de daños. Postcatástrofe.

Debe disponerse de la máxima información acerca de la catástrofe y de los elementos territoriales afectados. Para ello es necesario identificar atributos de la catástrofe, así como características de los elementos territoriales que hayan sido alterados para tratar de establecer una relación causa efecto (Figura 5.3). Esta tarea supone un cambio conceptual en el análisis de las catástrofes, no basta un simple inventario de efectos, sino que debe profundizarse mucho más en su conocimiento con objeto de aprender acerca de sus efectos. Se trataría de *aprender de la catástrofe* con objeto de evitar en el futuro todas las pérdidas en base a la reducción de la vulnerabilidad de los elementos territoriales potencialmente afectados. Las tareas de reconstrucción de las catástrofes obligan al chequeo de la vulnerabilidad de los elementos dañados identificando qué ha podido fallar y fomentando una reconstrucción resiliente. (Figura 5.4).

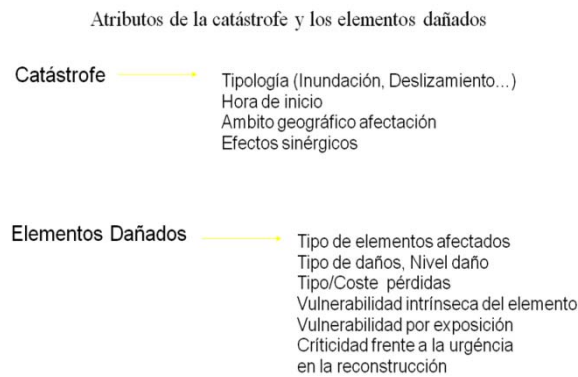


Figura 5.3. Atributos de la catástrofe y elementos dañados.

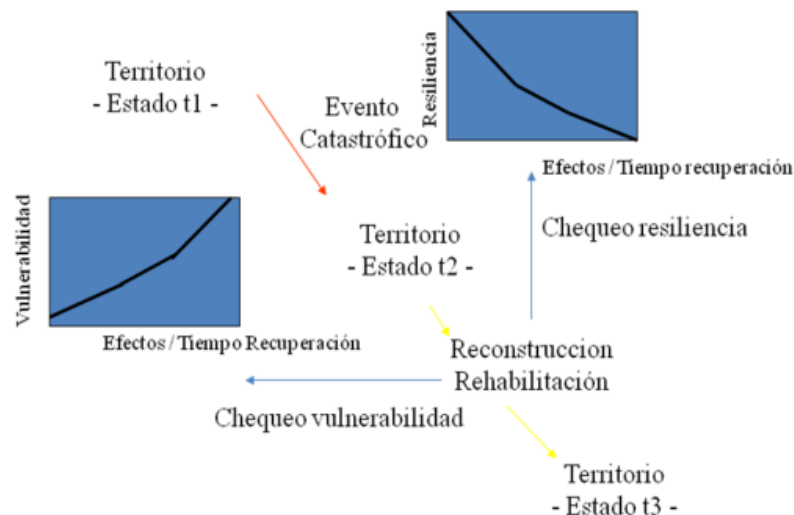


Figura 5.4. El diagnóstico evento catastrófico debe incorporar el chequeo de la vulnerabilidad

Tras una catástrofe, el efecto de la reconstrucción debe tratarse de que siempre sea positivo mejorando el estado original del territorio en lo que se refiere a la vulnerabilidad de los elementos territoriales afectados: reduciendo la vulnerabilidad por exposición a los peligros, contribuyendo a la reducción de la vulnerabilidad intrínseca y mejorando la vulnerabilidad social. (Figura 5.5).

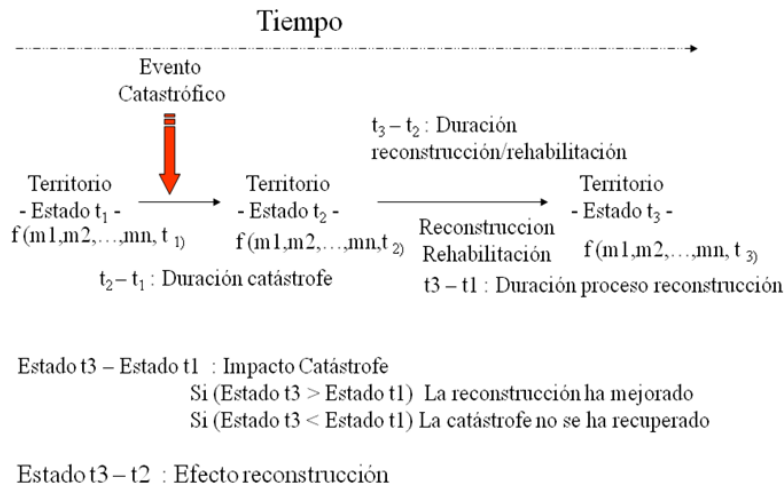


Figura 5.5. Preguntas a las que debe responder el análisis de daños. Postcatástrofe.

La opción más óptima es que tras la catástrofe las medidas de recuperación permitan no solo volver a la situación inicial sino mejorarla. (Figura 5.6).

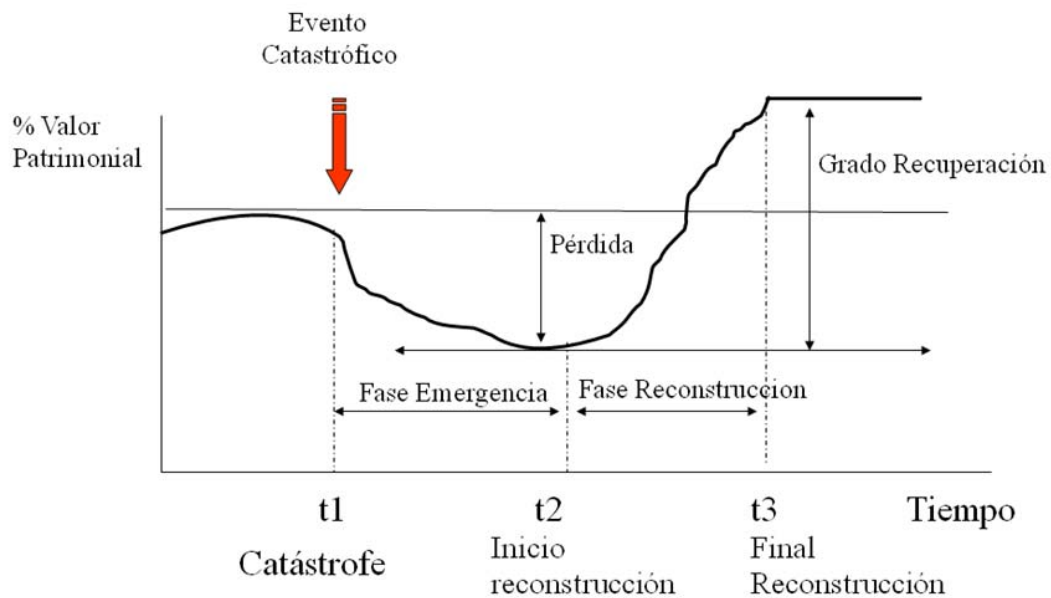


Figura 5.6. Preguntas a las que debe responder el análisis de daños. Postcatástrofe.

El territorio afectado por una catástrofe evidencia su vulnerabilidad a través de las pérdidas y daños que manifiesta. También la catástrofe delata los errores en la previsión de los peligros y

riesgos. Por ello estudio de la catástrofe se convierte en una fase de testeo que ayuda a la prevención de futuros eventos. (Figura 5.7).

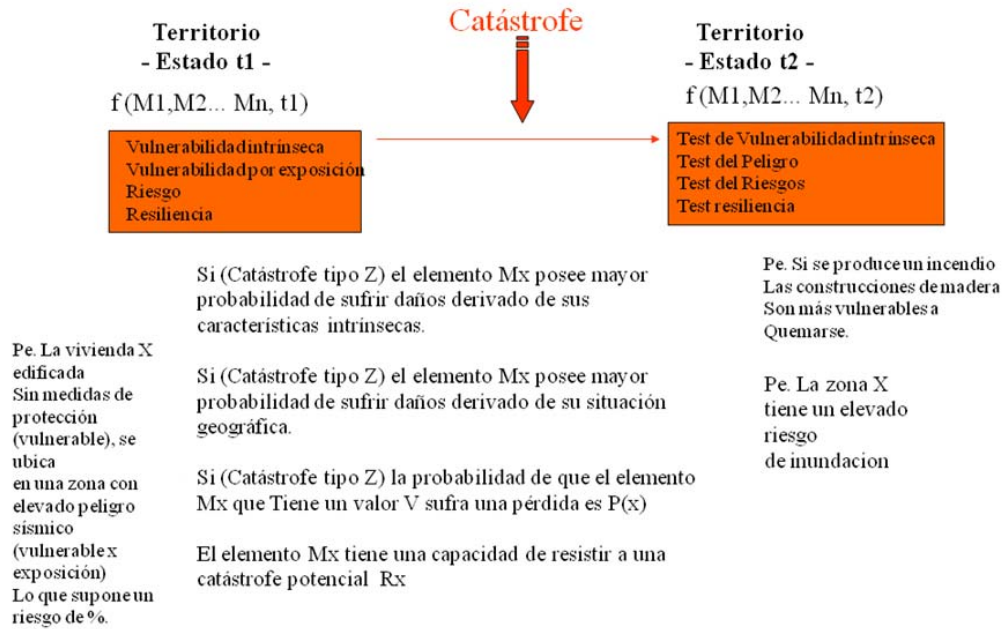


Figura 5.7. Preguntas a las que debe responder el análisis de daños. Postcatástrofe.

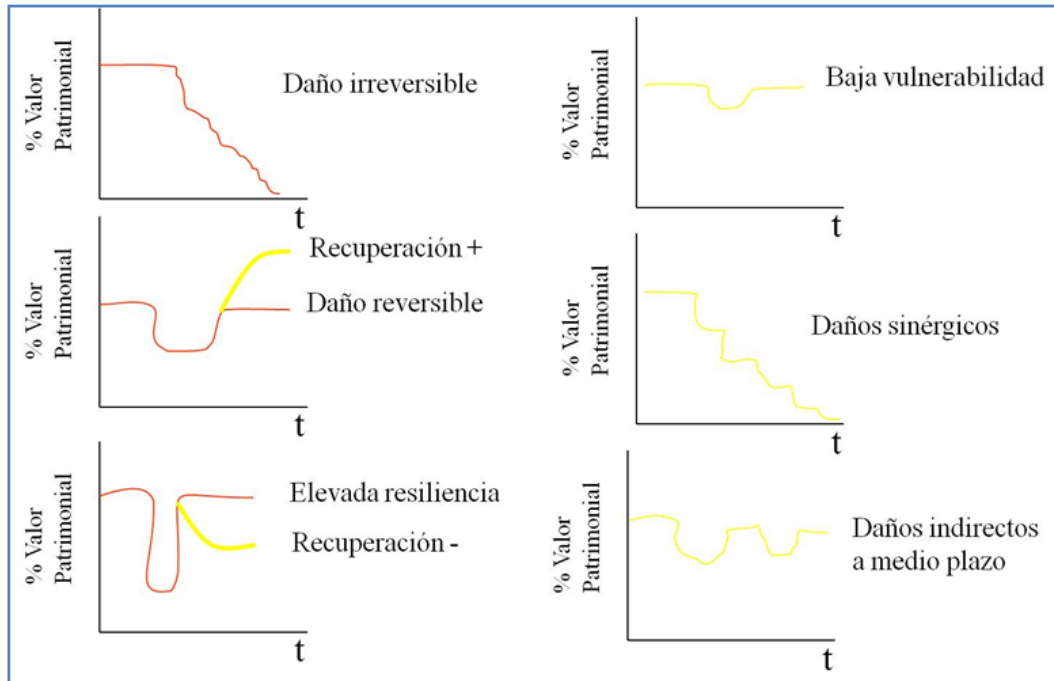


Figura 5.8. Preguntas a las que debe responder el análisis de daños. Postcatástrofe.

La evaluación de daños junto a las tareas de reconstrucción es una de las últimas etapas del ciclo de la gestión del riesgo de desastres (figura 2.1.) y posee un papel fundamental en el chequeo y validación de los procesos de planificación del riesgo (Figura 5.9). A pesar de ello, las tareas de evaluación de daños y reconstrucción están todavía poco conectadas con las fases iniciales de prevención y evaluación de peligros.



Figura 5.9. Significación de la evaluación de daños.

De los múltiples enfoques posibles en la evaluación de daños/perdidas, la aproximación que proponemos se centra en la evaluación **de pérdidas potenciales derivadas de un desastre** y se estructura en dos submodelos, cuyo fundamento es el conocimiento previo de la vulnerabilidad territorial integrada del territorio afectado:

- a) Modelo Probabilístico de Evaluación de Pérdidas Potenciales
- a) Modelo cualitativo de pérdidas y daños

Modelo probabilístico de estimación económica de pérdidas potenciales

El modelo de evaluación pérdidas probabilístico propuesto se fundamenta en el conocimiento previo del valor territorial afectado potencialmente por un evento catastrófico y el grado de destrucción que ha provocado la catástrofe. En este sentido, vamos a utilizar el método de valoración económica del territorio desarrollado en el capítulo 3.

$$P\acute{e}rdidas\ potenciales = \left(\sum_{ft=1}^m (ValorTerritorial)_{ft} * (\%Destrucci\acute{o}n - desastre)_{ft} \right)$$

ft : factor territorial (poblaci3n, infraestructuras/equipamientos, ocupaci3n suelo, medio ambiente)

El procedimiento de c3lculo consiste en considerar el desastre como una actuaci3n que supone una p3rdida del valor territorial original en las 3reas que han sido afectadas. Para ello es preciso concretar:

- La delimitaci3n del 3mbito geogr3fico del desastre y la identificaci3n de los elementos territoriales afectados.
- Estimaci3n del nivel destructivo del desastre. Asignaci3n de un valor num3rico porcentual que represente el grado de destrucci3n del desastre en funci3n de la intensidad del evento (severidad) y del elemento territorial afectado.

En ambos casos se trata de procedimientos de c3lculo de p3rdidas potenciales directas y en gran medida se basan en el conocimiento previo del patrimonio territorial existente y su valor econ3mico.

La informaci3n disponible del valor territorial de cada unidad geogr3fica fruto de los modelos de simulaci3n realizados en el c3lculo de la vulnerabilidad territorial es un valor que puede representarse mediante una funci3n de distribuci3n estadística.

Asimismo, el grado de afectaci3n de un desastre tambi3n posee un factor de incertidumbre y puede expresarse mediante una funci3n de distribuci3n estadística que puede establecer de forma aproximada el grado de afectaci3n, m3nimo, medio y m3ximo.

Haciendo uso de una funci3n estadística para cada par3metro podemos representar las p3rdidas territoriales como una funci3n estadística resultado de la combinaci3n (producto) del valor territorial por el nivel de p3rdidas.

La Tabla 5.1., presenta las principales variables que proponemos para realizar el proceso de evaluaci3n potencial de p3rdidas. Las columnas representaran los factores territoriales considerados. Las filas especifican: el valor aproximado de cada elemento, el valor aproximado de afectaci3n del desastre sobre cada elemento (color verde), y las p3rdidas estimadas (producto del valor del elemento por el grado de afectaci3n).

La valoración económica de cada elemento se puede expresar como un modelo de distribución estadístico de tipo triangular (Figura 3.3.), *Triang (min, medio, máximo)* así como también el nivel de pérdidas potenciales experimentado (*Pérdidas = Triang (Mín, Media, Máxima)*) para de esa forma se realizar un modelo de simulación, valorando de forma aproximada el nivel de pérdidas económicas potenciales que podrían producirse.

ZONA 01.						
	Población	Construcciones	Infraestructuras	Medio Rural	Medio Natural	Valor Total
Valor Mínimo (euros)	90.000,00	40.000,00	30.000,00	20.000,00	10.000,00	190.000,00
Valor Medio (euros)	100.000,00	90.000,00	80.000,00	50.000,00	30.000,00	350.000,00
Valor Máximo (euros)	130.000,00	115.000,00	100.000,00	60.000,00	50.000,00	455.000,00
Grado Afectación Mínimo (Tanto por 1)	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Grado Afectación Medio	0,05	0,10	0,20	0,05	0,05	0,15
Grado Afectación Máximo	0,10	0,20	0,30	0,20	0,10	0,20
Pérdida Estimada Mínima (euros)	0,00	400,00	300,00	200,00	100,00	1.900,00
Pérdida Estimada Media (euros)	5.000,00	9.000,00	16.000,00	2.500,00	1.500,00	52.500,00
Pérdida Estimada Máxima (euros)	13.000,00	23.000,00	30.000,00	12.000,00	5.000,00	91.000,00

Tabla 5.1. Matriz de evaluación de pérdidas potenciales

El modelo que proponemos se basa en el establecimiento de un rango de nivel de pérdidas potenciales a partir de la información proporcionada en el cálculo de la vulnerabilidad territorial por exposición para las retículas de 1x1 Km. ya que son las que poseen mayor nivel de precisión geográfica.

A este nivel no se considera necesario que la delimitación de la catástrofe sea muy precisa. Bastaría seleccionar qué unidades geográficas de 1x1 Km. pudieran haberse visto afectadas por el desastre, aplicarles los coeficientes de pérdidas estimadas y realizar un proceso de simulación para obtener el rango de pérdidas potenciales

Zona 01						
	Población	Construcciones	Infraestructuras	Medio Rural	Medio Natural	Valor Total
Valor Económico	Triang(90; 100; 130)	Triang(40; 90; 115)	Triang(30; 80; 100)	Triang(20; 50; 60)	Triang(0,01; 0,05; 0,1)	Triang(0,01; 0,15; 0,20)
Pérdidas potenciales	Triang(0; 0,5; 0,1)	Triang(0,01; 0,1; 0,2)	Triang(0,01; 0,2; 0,3)	Triang(0,01; 0,05; 0,2)	Triang(0; 0,5; 0,1)	Triang(0; 0,5; 0,1)
Valor Económico	Valor económico * Pérdids potenciales	Valor económico * Pérdids potenciales	Valor económico * Pérdids potenciales	Valor económico * Pérdids potenciales	Valor económico * Pérdids potenciales	Valor económico * Pérdids potenciales

Tabla 5.2. Modelo de simulación en la evaluación de pérdidas potenciales

Modelo cualitativo de estimación de pérdidas y daños potenciales

En este caso el modelo propuesto consiste en el desarrollo de un proceso de superposición cartográfico realizado sobre un SIG de la delimitación del desastre con toda la información territorial disponible en una base de datos construida al efecto. El resultado sería un completo informe de los elementos potencialmente afectados por el desastre. Si para alguna de la información disponible se posee información económica sería posible obtener una aproximación económica básica de pérdidas potenciales.

El modelo desarrollado tiene ciertas limitaciones y sus resultados deben ser interpretados como una proximación a las pérdidas potenciales. Entre estas limitaciones caben destacar las siguientes:

- Se desconoce con precisión el valor económico de los elementos territoriales. La superficie de 1 Km. cuadrado de las retículas para las que disponemos información económica puede ser demasiado grande para muchos tipos de eventos.
- La delimitación territorial del siniestro o catástrofe es difícil, sobre todo en las primeras fases del desastre.
- La dificultad en la asignación de pérdidas potenciales derivadas del siniestro a cada elemento territorial.

El resultado del modelo cualitativo de pérdidas es una relación de elementos territoriales potencialmente afectados por el desastre.

El modelo propuesto es estimativo en el sentido que se realiza una evaluación de daños y pérdidas probables, pero deberá ir acompañado lógicamente de un trabajo experimental de chequeo de elementos dañados y valoración detallada de los efectos del desastre. En este sentido pueden utilizarse otros sistemas más precisos para la evaluación de daños, como el modelo que se propuso en el proyecto Europeo Interreg **DAMAGE**¹ en el que se desarrolla una aplicación informática específica para facilitar las tareas de inventario de daños y cálculo de pérdidas de forma automatizada.

¹ El proyecto **DAMAGE** se desarrolló en el marco de la iniciativa comunitaria INTERREG IIIB para las regiones del Mediterráneo Occidental (MEDOCC) 2004 y fue dirigido por Conselleria de Interior. Govern de les Illes Balears. Para el desarrollo de dicho proyecto la Dirección General de Emergencias y la Universidad de las Islas Baleares firmaron un convenio de colaboración, bajo mi dirección técnica y dió lugar a una metodología automatizada específica para la evaluación de daños postcatástrofe.

5.1. Casos de estudio. Evaluación de pérdidas Postcatástrofe.

A modo ilustrativo de aplicación de metodología de evaluación de daños propuesta se realiza una simulación de daños provocados por un incendio en una zona correspondiente al municipio de Puigpunyent ubicado en la Serra de Tramuntana de Mallorca.

Las tareas realizadas han sido las siguientes:

Valoración económica pérdidas potenciales :

- Identificación / Cartografía de la zona afectada por el desastre

En primer lugar se ha procedido a la identificación de la zona geográfica del siniestro. Para ello se realiza una digitalización del área o áreas afectadas que serán objeto de evaluación. (Figura 5.10).

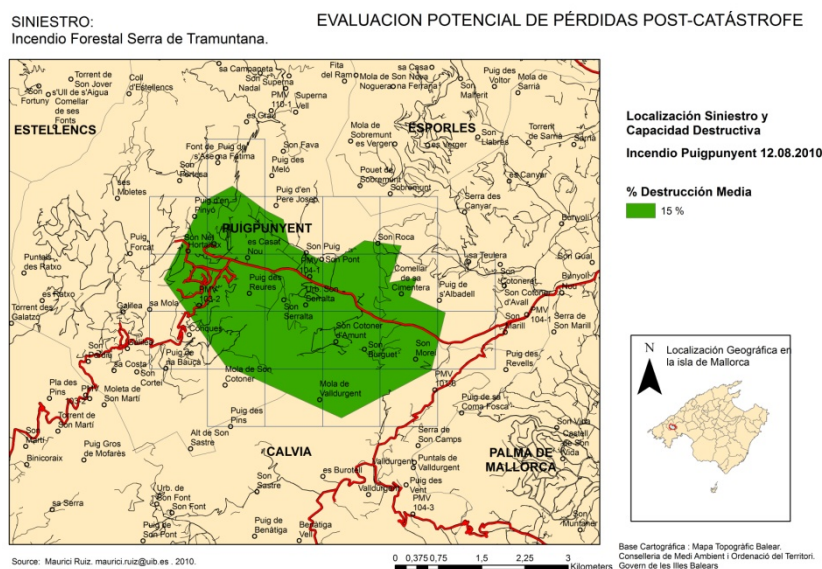


Figura 5.10. Localización de la zona siniestrada

- Selección de las retículas que pueden haber sufrido pérdidas económicas por superposición con la zona del desastre.

A partir de un proceso de selección geográfica se identifican las retículas de 1x1 Km. que han sido afectadas potencialmente por el desastre/siniestro y se les proporciona un número correlativo que las identifique.

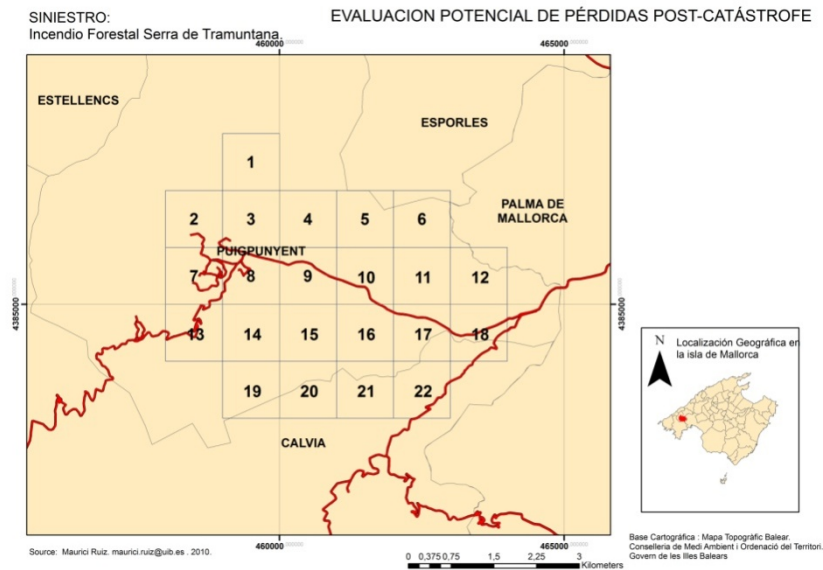


Figura 5.11. Retículas de 1x1 Km. afectadas por el siniestro.

Información temática del contenido de las retículas.

Para cada una de las retículas afectadas se evalúa su valor territorial a partir de la información proporcionada por la base de datos de vulnerabilidad territorial. (Ver Anexo 17).

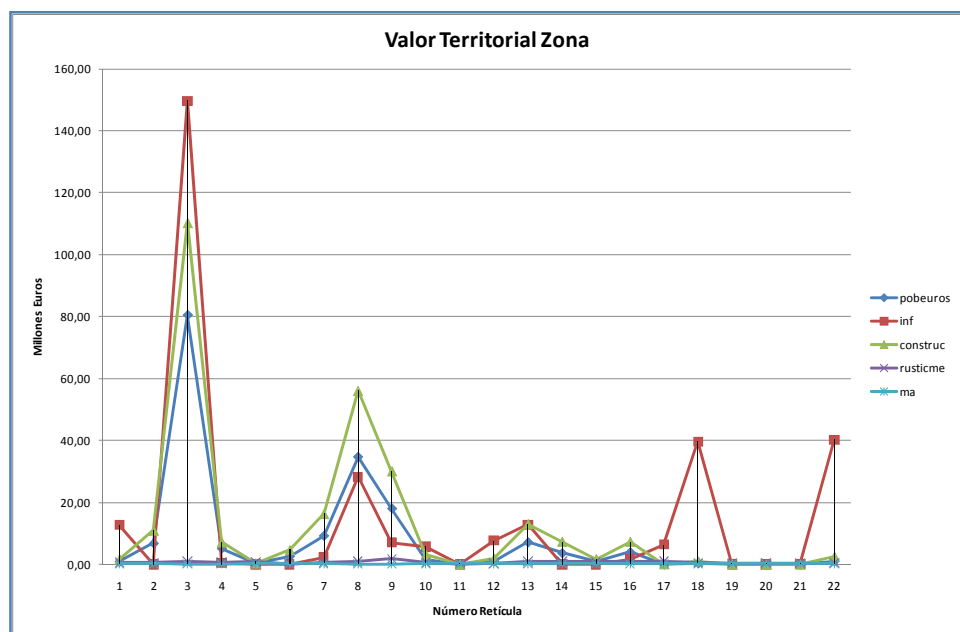


Figura 5.12. Valor económico de cada retícula afectada.

A continuación es posible la representación cartográfica del valor económico de las diferentes componentes del territorio afectado por el desastre/siniestro:

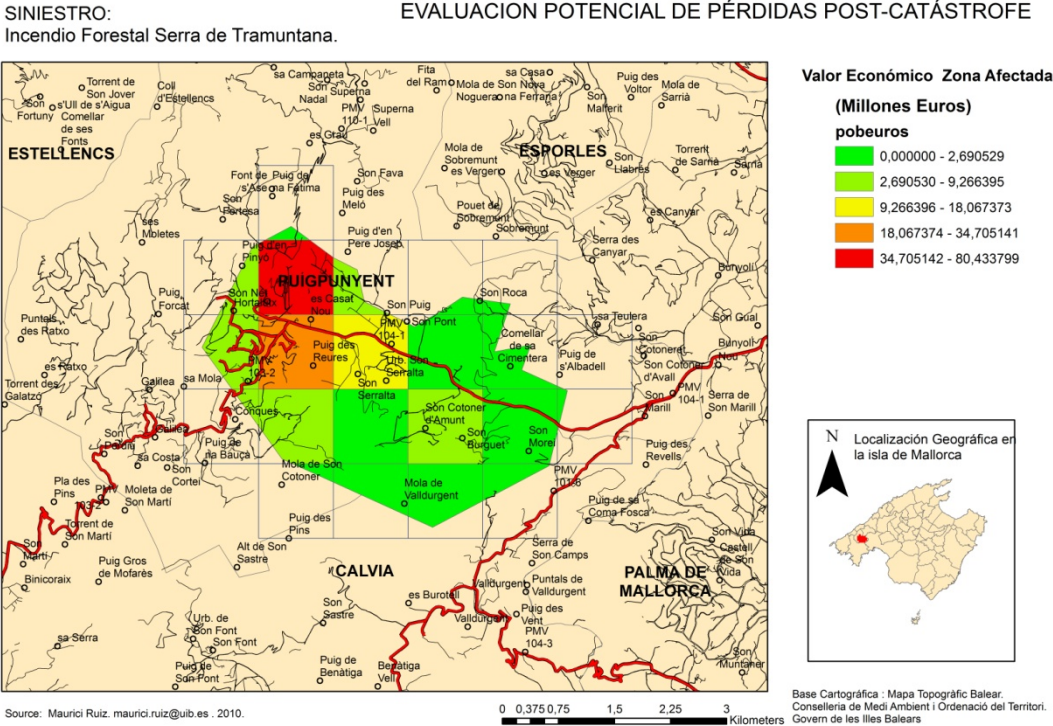


Figura 5.13. Distribución geográfica del valor económico de la población potencialmente afectada por el desastre

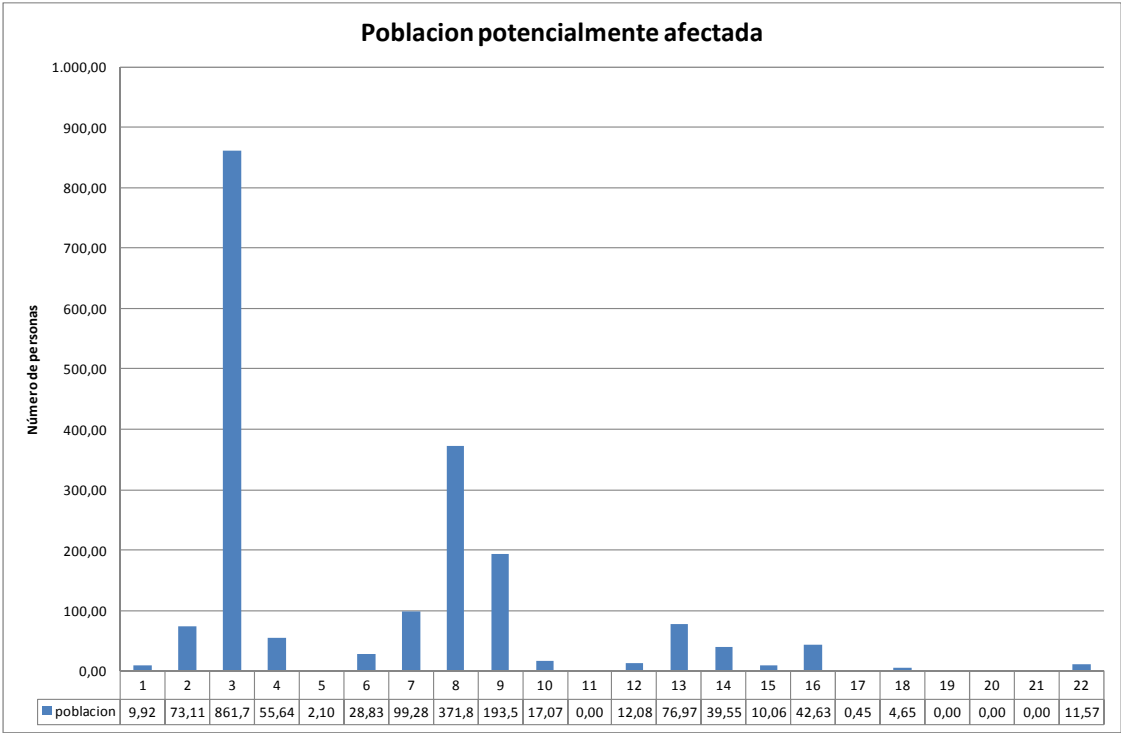


Figura 5.14. Población potencialmente afectada por el desastre

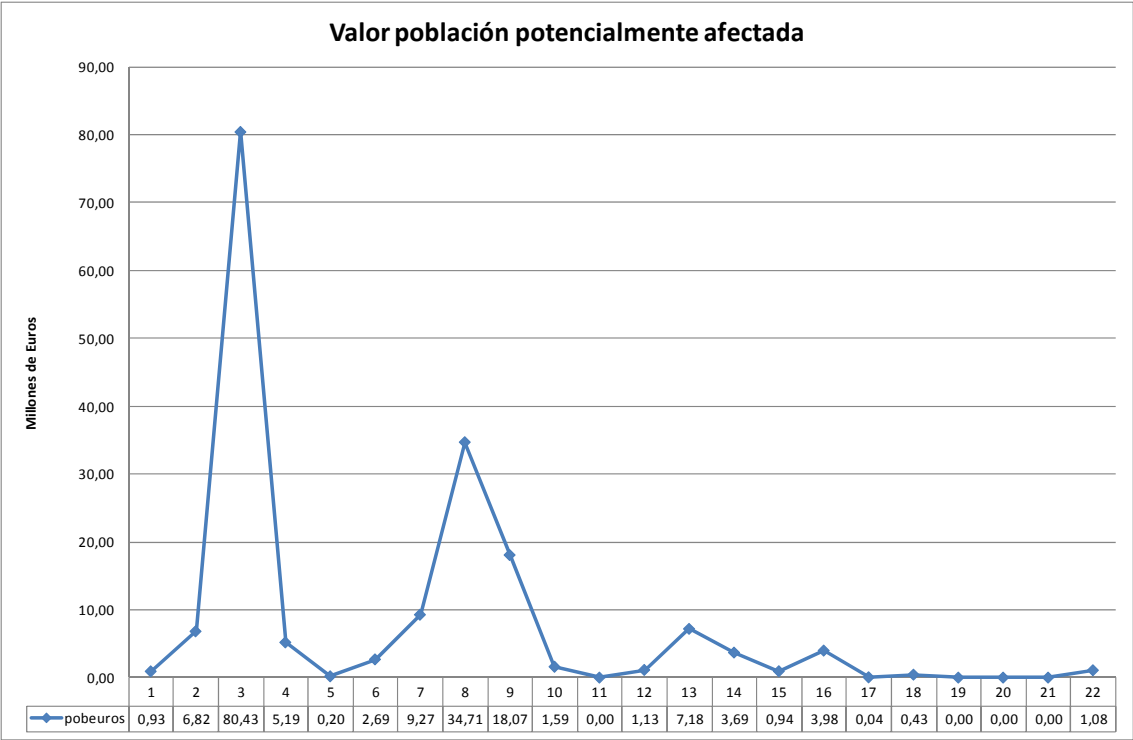


Figura 5.15. Valor económico de la población potencialmente afectada por el desastre

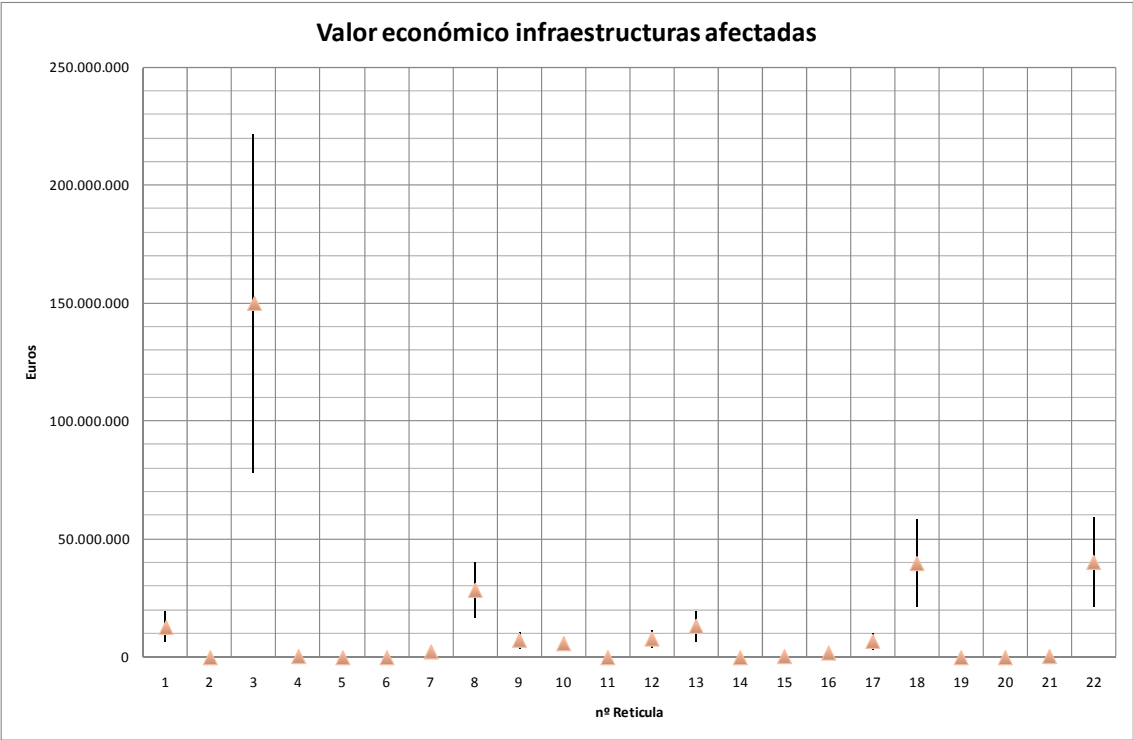


Figura 5.16. Valor económico de las infraestructuras potencialmente afectada por el desastre

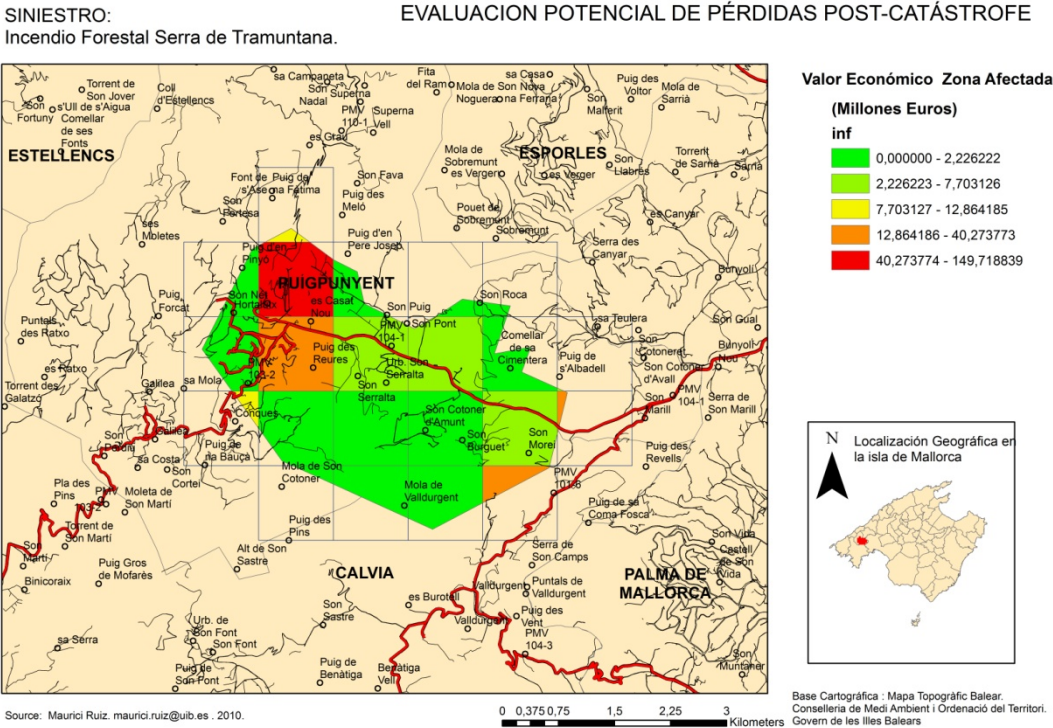


Figura 5.17. Distribución geográfica del valor económico de la población potencialmente afectada por el desastre

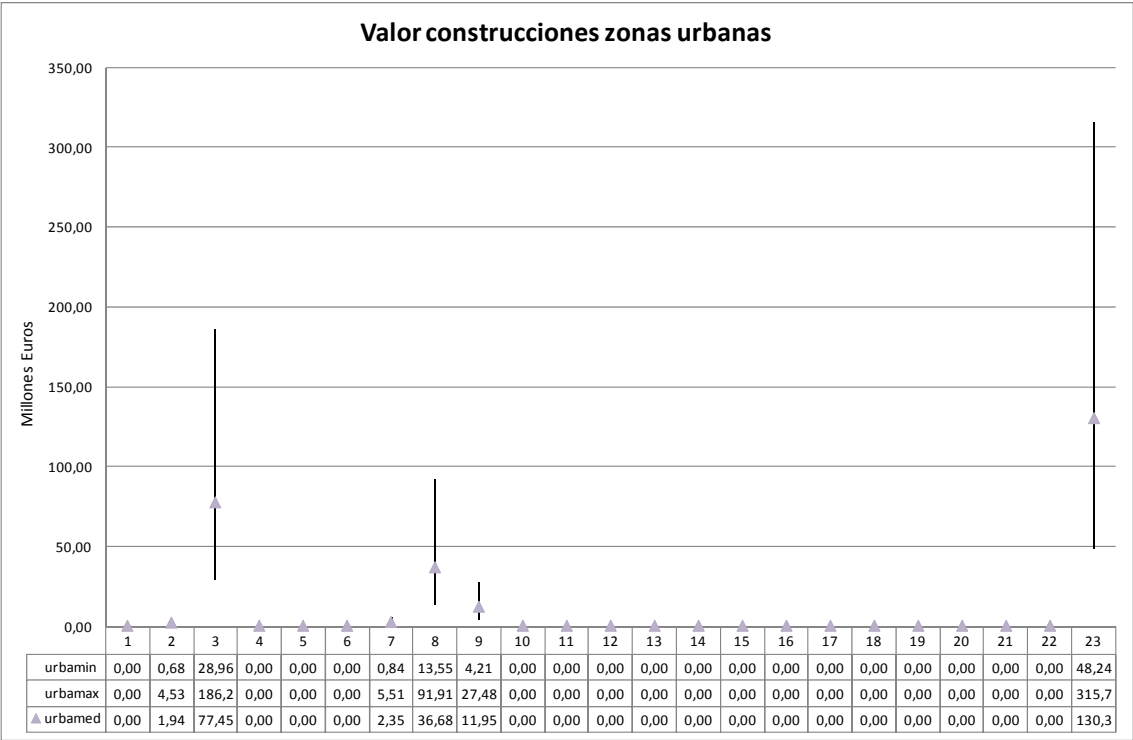


Figura 5.18. Valor económico de las construcciones en suelo urbano potencialmente afectada por el desastre



Figura 5.19. Valor económico de las construcciones en suelo rústico potencialmente afectada por el desastre

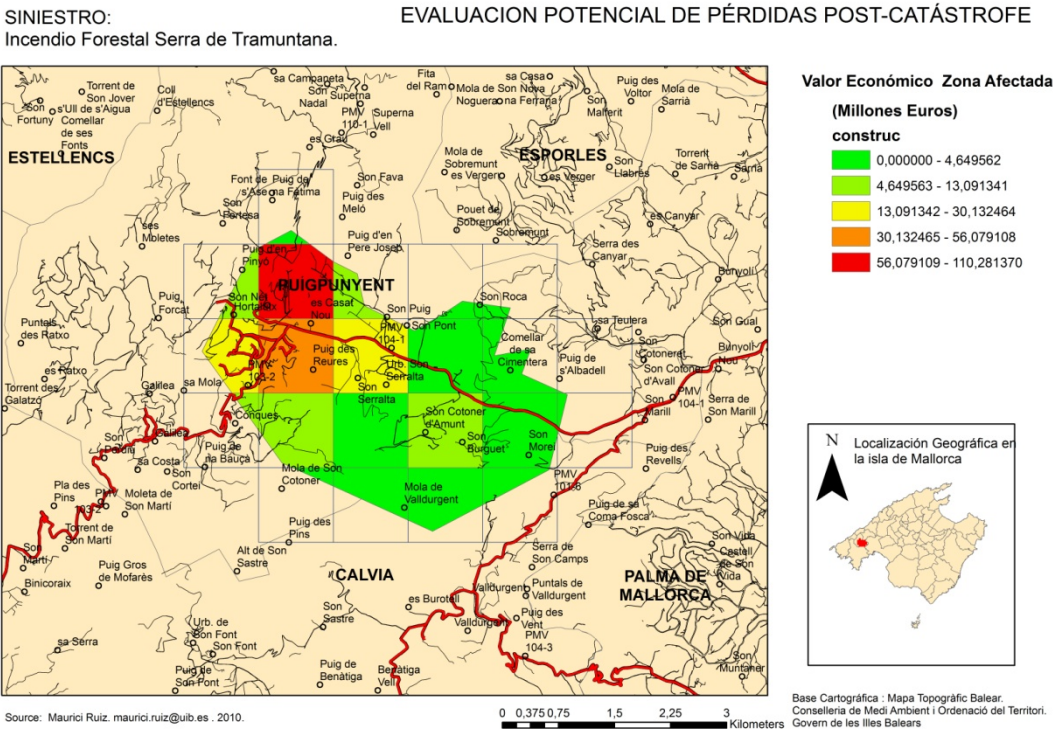


Figura 5.20. Distribución geográfica del valor económico de las construcciones potencialmente afectadas por el desastre

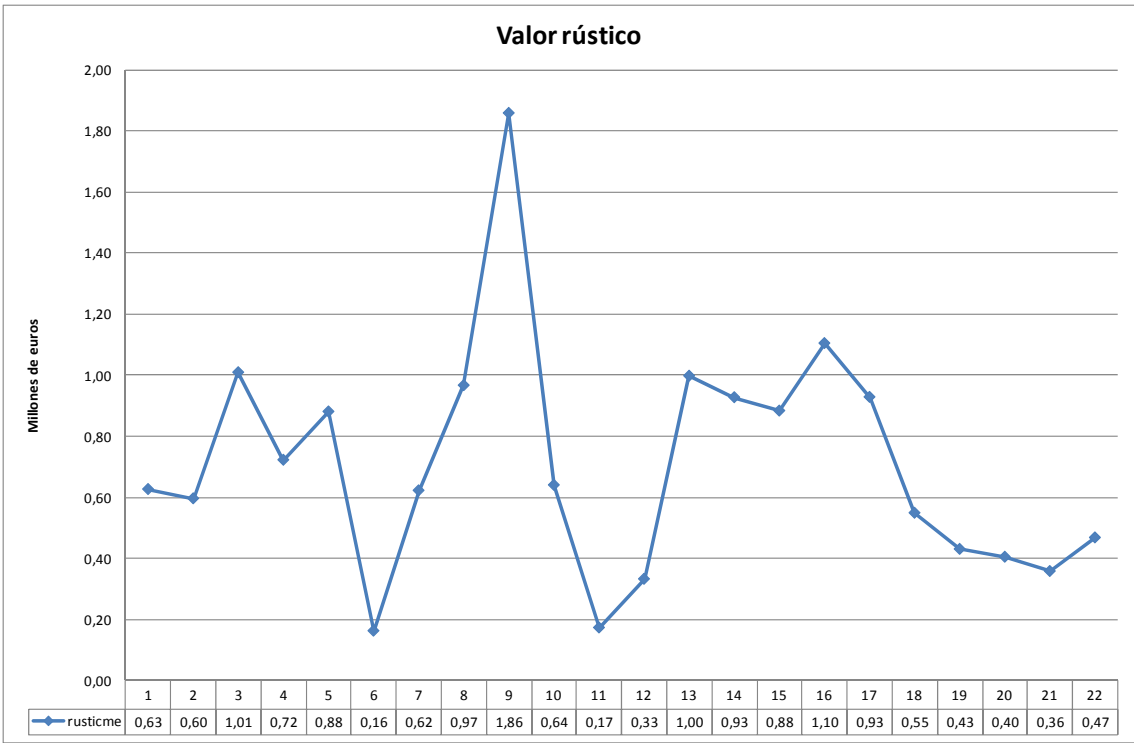


Figura 5.21. Valor económico del suelo rústico potencialmente afectado por el desastre

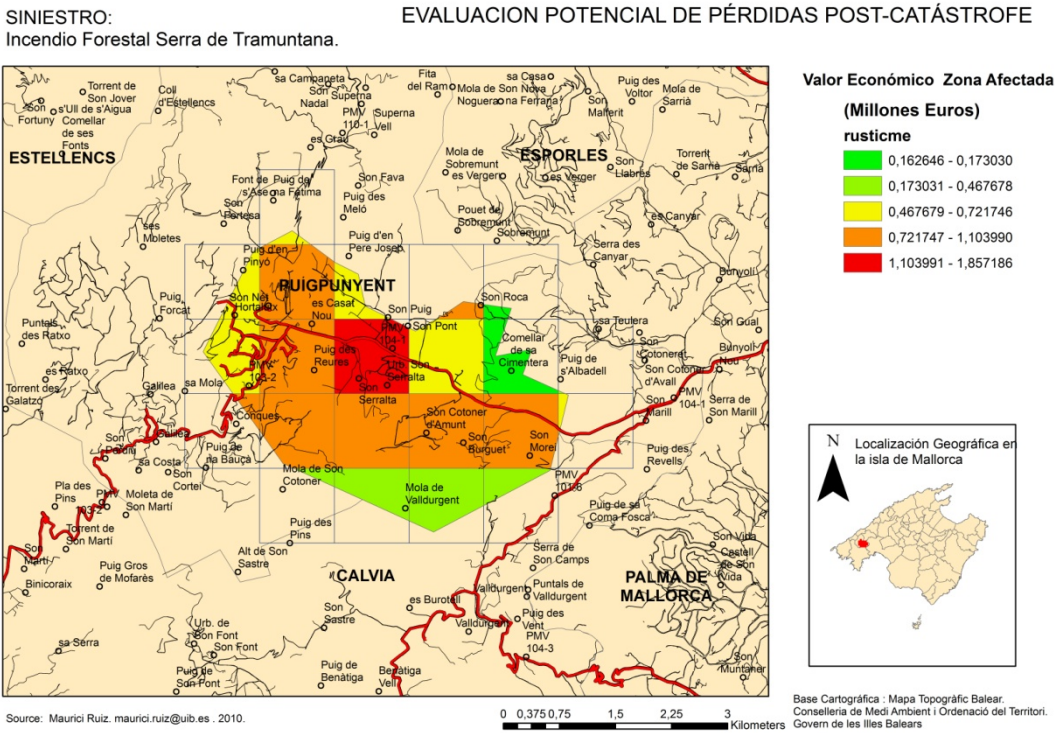


Figura 5.22. Distribución geográfica del valor económico suelo rústico potencialmente afectado por el desastre

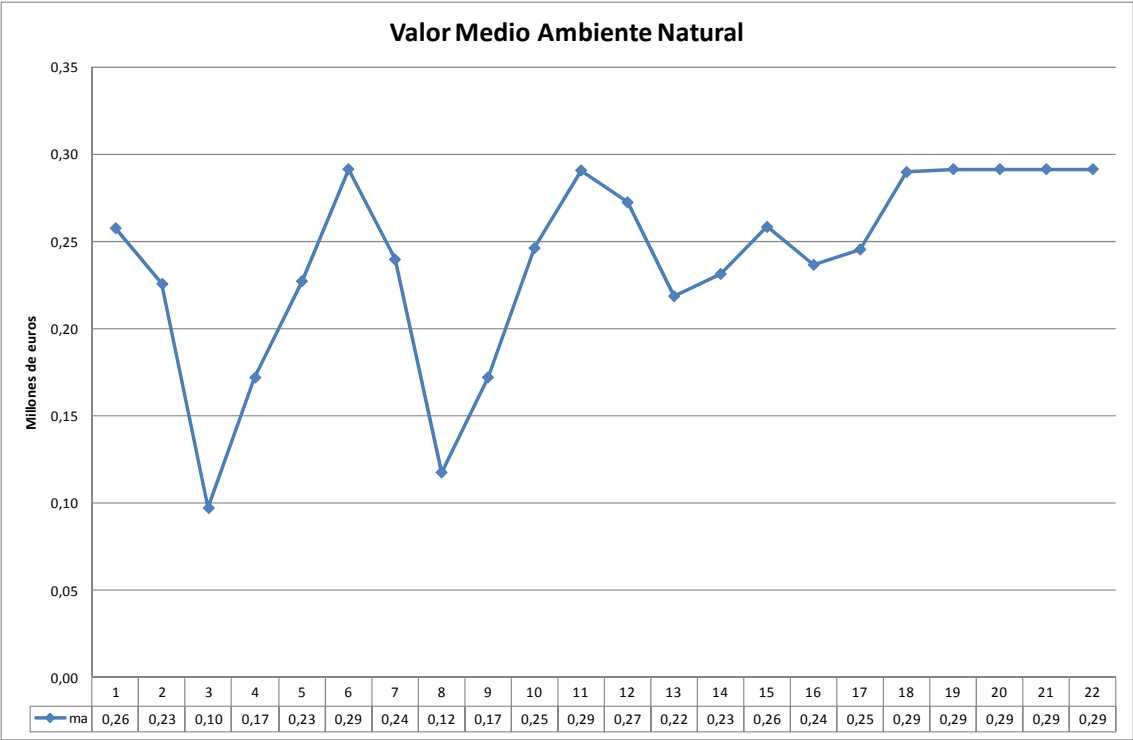


Figura 5.23. Valor económico del medio natural potencialmente afectado por el desastre

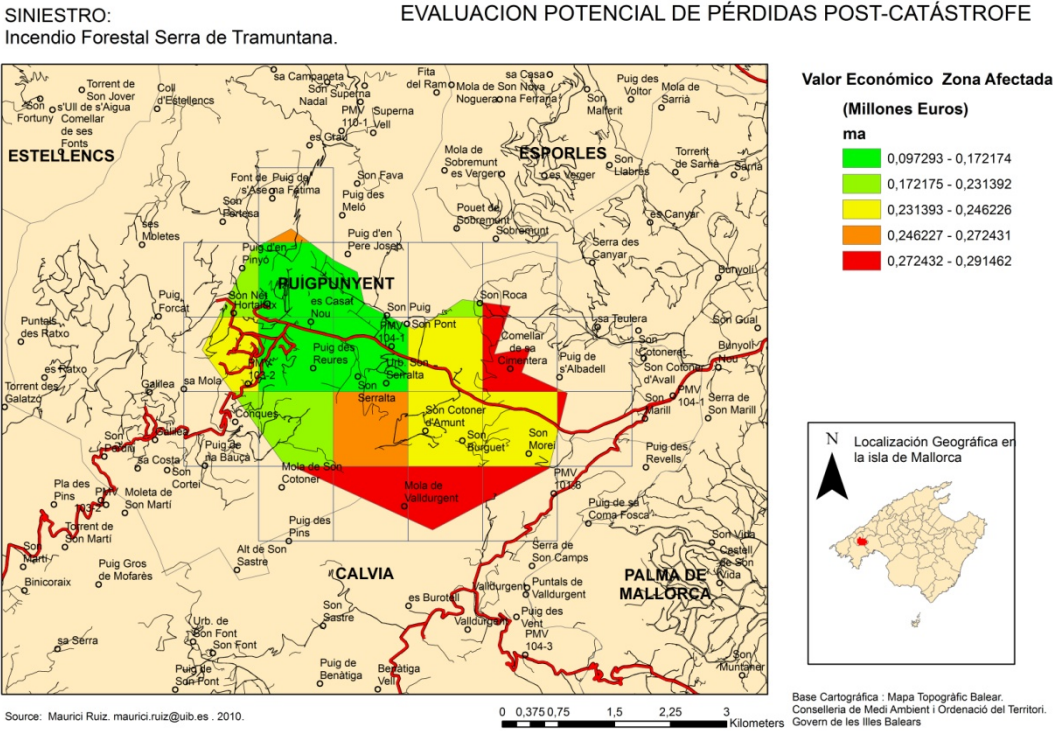


Figura 5.24. Distribución geográfica del valor económico del medio natural potencialmente afectado por el desastre

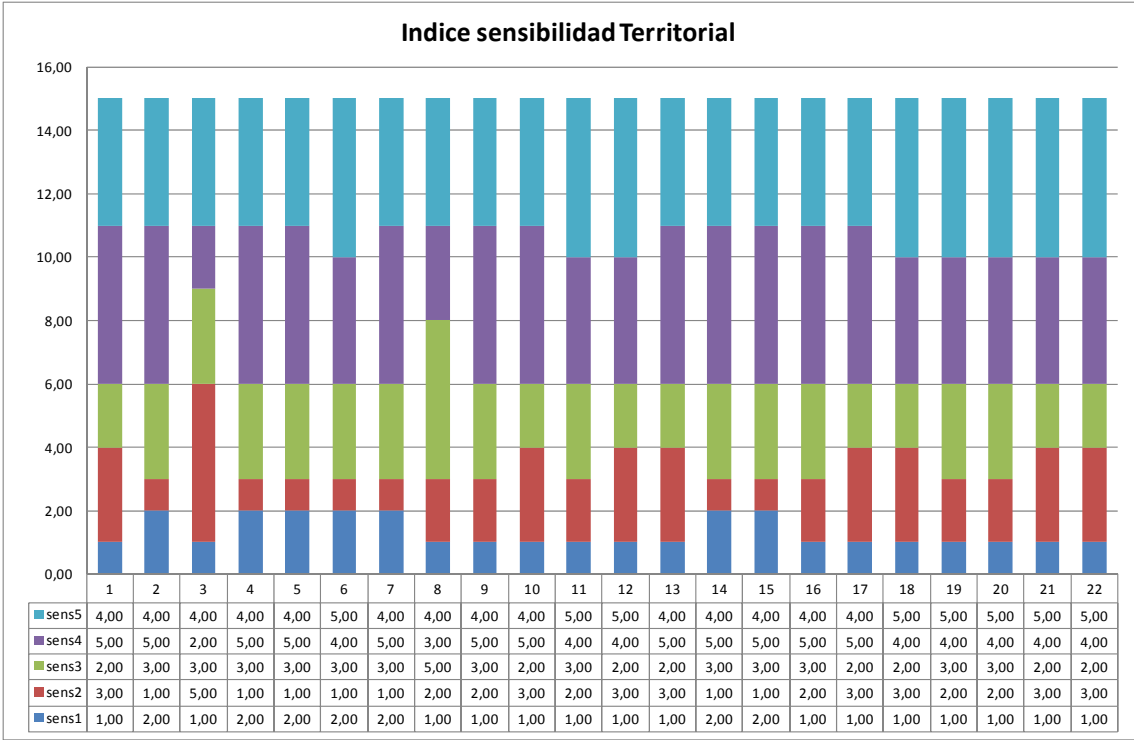


Figura 5.25. Índice de sensibilidad territorial de cada retícula. (1: población, 2: infraestructuras, 3: Construcciones. 4. Suelo rústico, 5. Medio natural)

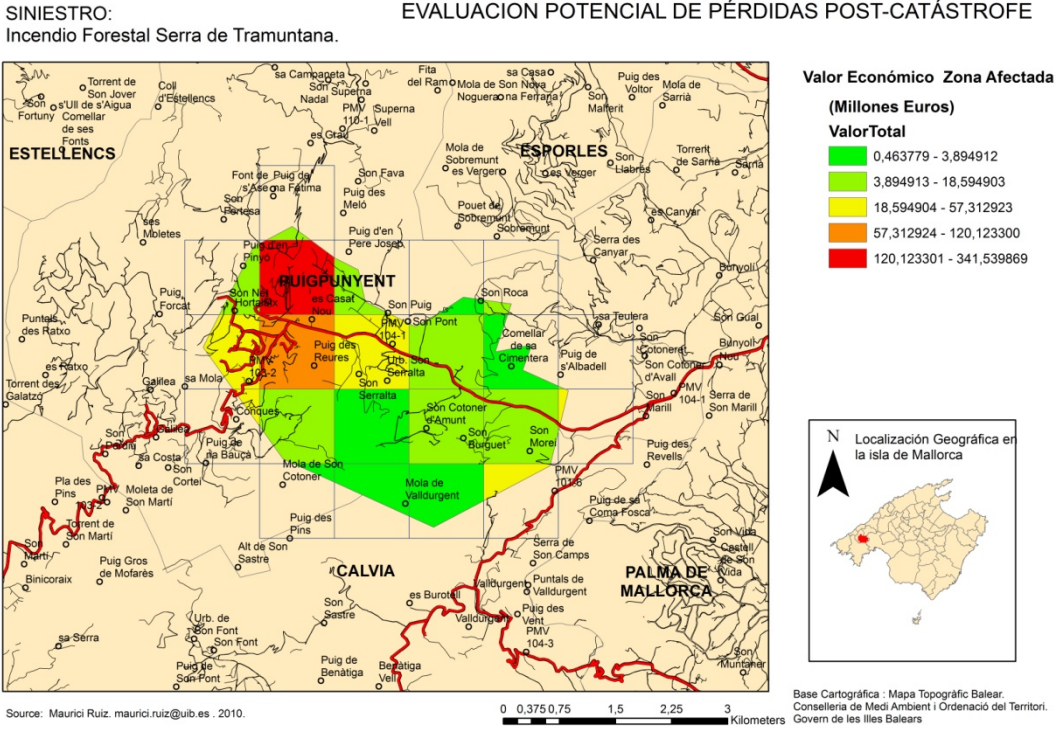


Figura 5.26. Distribución geográfica del valor económico total de cada retícula potencialmente afectada por el desastre

Asignación de un nivel de pérdidas potenciales provocadas por el desastre en los diferentes factores territoriales.

El siguiente paso es la asignación de un valor de pérdidas potenciales en la zona siniestrada. Para ello se propone un valor porcentual mínimo, medio y máximo de pérdidas en la zona evaluada para los factores territoriales de población, infraestructuras, construcciones, suelo rústico y medio natural. (Tabla 5.3.).

Descripción Siniestro									
		Valor máximo (%)	Valor Medio (%)	Valor Mínimo (%)					
PERDIDAS ESTIMADAS		Máximas	Medias	Mínimas	Funcion Distribución	Valor Max	Valor Medio	Valor Min	Funcion Coste
Pérdidas totales		10	8	5	7,66666667	1128,91966	790,366818	478,467821	61,2759432
Pérdidas sobre población		5	3	2	3,33333333	178,371079	178,371079	178,371079	5,94570262
Pérdidas sobre infraestructuras		20	18	15	17,66666667	464,348461	315,644031	165,453855	55,6762848
Pérdidas sobre construcciones		15	12	10	12,33333333	511,308713	225,911061	90,653506	34,0347904
Pérdidas sobre ocupación		10	8	5	7,66666667	15,6326773	15,6326773	15,6326773	1,19850526
Pérdidas sobre medio natural		5	3	2	3,33333333	5,25637633	5,25637633	5,25637633	0,17521254
								Pérdidas Totales	97,0304957

Tabla 5.3. Resultado modelo de simulación de pérdidas postsiniestro

Generación de un modelo de simulación de pérdidas potenciales en la zona afectada.

Se construye una función estadística de distribución de tipo triangular (Max,Min,Med) para representar las pérdidas y otra función para representar los valores territoriales (puesto que se conoce el valor mínimo, medio y máximo de cada factor territorial considerado :población, infraestructura, construcciones, ocupación, medio natural) A partir de dichas funciones se desarrolla un modelo de simulación tipo LatinCube de 10.000 casos y se obtiene un valor aproximado de pérdidas potenciales. (Tabla 5.4) (Anexo Estadístico)

Output		Statistics						
Name	Cell	Minimum	Mean	Maximum	x1	p1	x2	p2
Pérdidas totales	K4	27,42	61,26	106,79	40,83	5%	84,13	95%
Pérdidas sobre población	K5	3,59	5,95	8,91	4,26	5%	7,94	95%
Pérdidas sobre infraestructuras	K6	27,15	55,69	90,66	37,05	5%	74,94	95%
Pérdidas sobre construcciones	K7	10,30	34,03	72,13	17,58	5%	54,28	95%
Pérdidas sobre ocupación	K8	0,79	1,20	1,56	0,92	5%	1,45	95%
Pérdidas sobre medio natural	K9	0,11	0,18	0,26	0,13	5%	0,23	95%
Pérdidas Totales / Funcion Coste	K10	45,96	97,04	155,19	71,77	5%	124,31	95%

Tabla 5.4. Pérdidas estimadas sobre cada factor territorial

Mediante este procedimiento se obtiene una función de distribución de las pérdidas potenciales en la zona siniestrada para cada uno de los factores territoriales considerados que proporciona

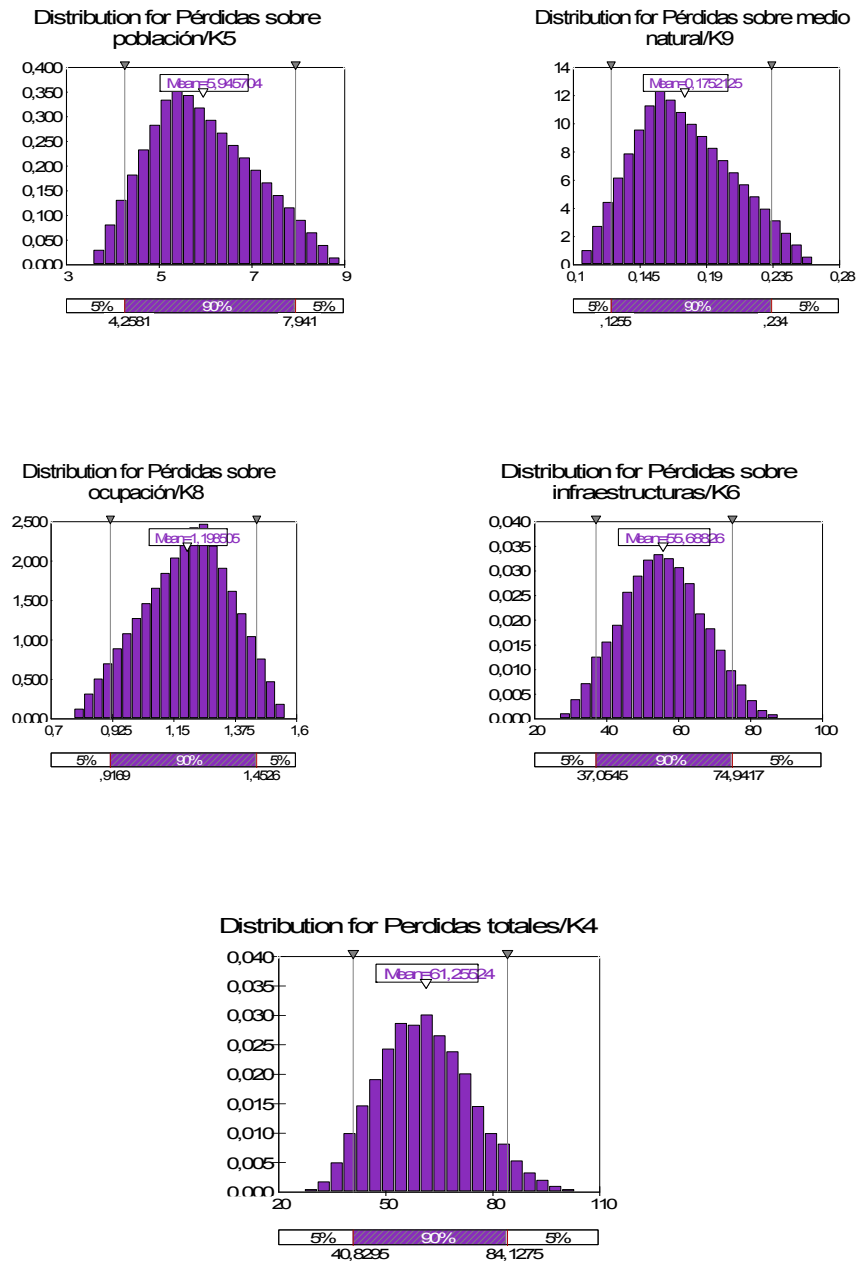


Figura 5.27. Funciones de distribución de las pérdidas potenciales en la zona siniestrada

información de gran utilidad para la evaluación de las pérdidas potenciales del siniestro. (Figura 5.27).

El modelo puede ir ajustándose, tanto en lo referente a las funciones que representan las pérdidas potenciales, como a los valores territoriales para ir obteniendo una valoración adaptada a la información que se va recogiendo del desastre.

Además, una vez validados experimentalmente la información sobre las pérdidas reales ocasionadas por el siniestro el modelo debe ir calibrándose para ir adaptándose más a la realidad

Valoración cualitativa

A partir de la superposición cartográfica del área de delimitación del desastre sobre las diferentes variables territoriales disponibles puede documentarse ampliamente la información sobre el desastre. (Anexo Estadístico).

- Superposición cartográfica de la zona del desastre con las diferentes variables territoriales disponibles con objeto de obtener la máxima información del desastre.
- Obtención de cartografía e información estadísticas de las variables afectadas.

Mejora del proceso de prevención

La superposición cartográfica de la zona del desastre con las cartografías de peligros existentes permite chequear la validez de los modelos predictivos desarrollados en las cartografías de peligros.

Puesto que el siniestro que proponemos, a modo de ejemplo, es un incendio forestal, podemos representar la exposición territorial a dicho peligro por cada una de las retículas afectadas y posteriormente evaluar si la previsión era acertada. (Figura 5.28).

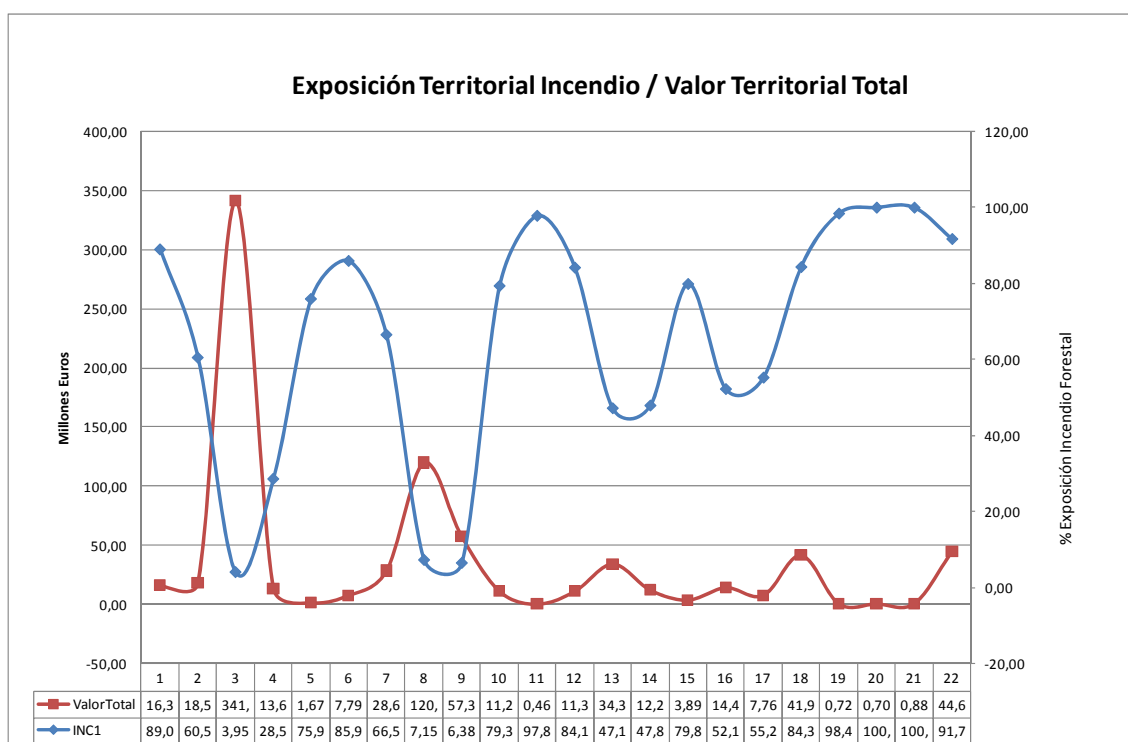


Figura 5.28. Funciones de distribución de las pérdidas potenciales en la zona siniestrada

Construcción de un sistema automatizado de cálculo de pérdidas potenciales derivado de catástrofes naturales.

El conjunto de tareas de cálculo y cartografía desarrolladas ha sido protocolarizado convenientemente para poder generar un informe y cartografía de los siniestros de forma automatizada, lo cual constituye un sistema de ayuda a la decisión para la evaluación de daños. El sistema se ha desarrollado utilizando la extensión Model Builder del programa ArcGIS 9.3. (<http://www.esri.com> [consultado 12.10.2010] utilizado de forma combinada con el programa @Risk. (<HTTP://www.pallisade.com> [consultado 12.10.2010]) .

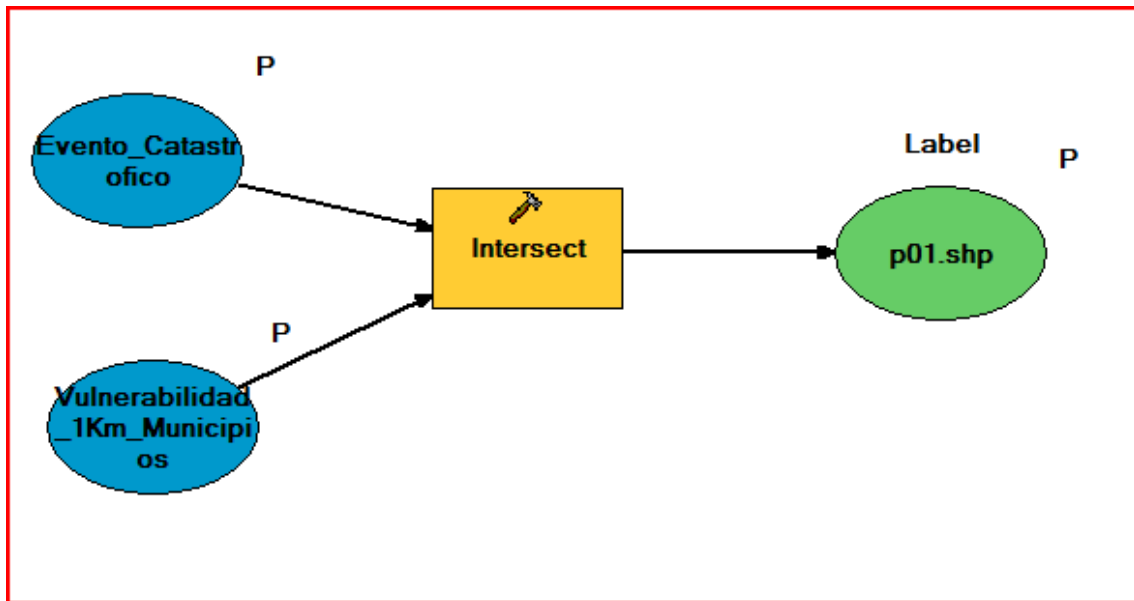


Figura 5.29. Detalle modelo ayuda a la decisión para la evaluación de pérdidas postcatástrofe

6. Conclusiones

La tesis realizada tiene un carácter eminentemente metodológico y realiza una significativa aportación a la valoración de la vulnerabilidad territorial y la estimación de pérdidas/daños derivadas de desastres o siniestros sobre el territorio.

Las propuestas metodológicas realizadas tanto en el área de la vulnerabilidad territorial frente a peligros naturales como en la evaluación de pérdidas se asientan sobre una sólida base conceptual y han demostrado la viabilidad técnica de su aplicación, así como el elevado grado de significación de los resultados obtenidos para la mejora en la gestión de los riesgos naturales.

A lo largo del trabajo hemos demostrado cómo el conocimiento de la vulnerabilidad frente a las catástrofes naturales juega un papel clave en el conocimiento, la prevención y la reducción de los riesgos territoriales. Se ha confirmado como un enfoque multidimensional, que incorpore las principales componentes territoriales (población, infraestructuras, ocupación suelo, medio natural) para el estudio de la vulnerabilidad facilita la evaluación holística del riesgo y contribuye a la reducción de los efectos derivados de las catástrofes.

El trabajo realizado profundiza en el conocimiento de diversas fases del ciclo de los riesgos territoriales desde la perspectiva del fomento del desarrollo sostenible en sus dimensiones ambiental, económica y social.

Cumplimiento de objetivos planteados y revisión de la hipótesis de la investigación:

- a) Se ha realizado un análisis del estado del arte de los conceptos y metodologías en relación a la vulnerabilidad territorial y la evaluación de daños poscatástrofe. En este sentido se han podido cubrir los objetivos que nos habíamos planteado inicialmente:

-Se han identificado y descrito los conceptos clave en el estudio de la vulnerabilidad y la evaluación de daños en el ámbito del ciclo de los riesgos.

-Se ha valorado el papel de la geografía como disciplina científica en el análisis de la vulnerabilidad y en la evaluación de daños.

-Se ha realizado un análisis del estado del arte de la investigación básica y aplicada en el análisis de la vulnerabilidad y la evaluación de daños.

-Se han identificado fuentes de información, líneas de trabajo en el análisis de vulnerabilidad y evaluación de daños.

-Se han analizado metodologías de evaluación de la vulnerabilidad existentes.

- Se ha contribuido en la resolución de la confusión terminológica generalizada existente y acabar con la polisemia de los términos relacionados con el riesgo.

-Se han identificado los principales actores en el análisis de la vulnerabilidad; instituciones, centros de investigación, universidades, agencias públicas, investigadores, etc.

-Se han identificado y evaluado la importancia de los factores territoriales que participan en la definición de vulnerabilidad territorial frente a desastres naturales, así como se ha valorado la importancia de la utilización de indicadores e índices que permiten cuantificar a dichos factores.

- b) Se ha desarrollado una metodología basada en el uso de las tecnologías de la información geográfica para la evaluación de la vulnerabilidad territorial frente a desastres naturales y la evaluación de daños basadas en la una concepción multidimensional de la vulnerabilidad integrando aspectos sociales, económicos y ambientales.

-La metodología propuesta ha cubierto vacío conceptual y metodológico en la evaluación de la vulnerabilidad, así como una necesidad.

-Se ha propuesto una metodología para el análisis de la vulnerabilidad territorial en base al conocimiento de los métodos de evaluación existentes y la utilización de las mejores tecnologías disponibles.

-La metodología propuesta integra los distintos componentes temáticos de la vulnerabilidad (social, infraestructural, económica, ambiental).

-Se ha tratado de resolver el análisis de la vulnerabilidad a diversas escalas geográficas de análisis: nacional, regional, municipal, de tipo zonal.

-Se ha contribuido a la identificación y validación de indicadores de la vulnerabilidad frente a desastres naturales.

-Se ha potenciado la percepción y valoración de la componente geográfica de la vulnerabilidad como instrumento clave para la puesta en marcha de actuaciones de prevención y mitigación más eficaces.

-Se ha favorecido una visión integrada de la vulnerabilidad territorial frente a distintos tipos de peligros naturales.

-Se ha considerado la incertidumbre en el proceso de evaluación de la vulnerabilidad con objeto de expresar de forma rigurosa el verdadera naturaleza probabilística de esta variable.

-El diseño del método facilita su implementación mediante el uso de tecnologías de la información geográfica.

- c) **Se han ensayado las metodologías propuestas de forma experimental en la isla de Mallorca probando su eficacia y posibilidades prácticas en las tareas de prevención y gestión de riesgos territoriales.**

-Se ha realizado una evaluación de la vulnerabilidad en la isla de Mallorca.

-Se han analizado los resultados y se han destacado sus implicaciones en la planificación y gestión de riesgos territoriales.

-Se han evaluado las pérdidas potenciales provocadas por un hipotético incendio forestal y se ha probado las ventajas de utilizar un método automatizado para disponer de una estimación de los costes aproximados que dicho siniestro pudiera causar en el territorio.

d) Revisión de la hipótesis planteada :

El resultado de la tesis confirma la hipótesis que nos habíamos planteado al iniciar la investigación: *la vulnerabilidad territorial frente a catástrofes naturales juega un papel clave en los riesgos territoriales. La valoración de la vulnerabilidad desde una perspectiva multidimensional (social, infraestructural, económica y ambiental) y geográfica facilita la evaluación holística del riesgo y la consiguiente reducción de los efectos derivados de las catástrofes.*

La mejora en los métodos de evaluación de daños postcatástrofe puede ayudar a la detección de la vulnerabilidad territorial revelada/emergente y contribuir al desarrollo de programas de mitigación más efectivos.

La aplicación de las tecnologías de la información geográfica y la simulación matemática al estudio de la vulnerabilidad y la evaluación de daños postcatástrofe proporciona una visión espacial y permiten el tratamiento de la incertidumbre de gran interés para mejorar el conocimiento de los riesgos naturales.

Como resultado del trabajo realizado las principales conclusiones que podemos extraer son las siguientes:

Conclusión 1. La vulnerabilidad territorial frente a desastres naturales se encuentra en fase de desarrollo conceptual y metodológico y no existe un consenso en su marco conceptual, definición y metodologías de desarrollo. En cualquier caso avanzar en su estudio supone mejorar el conocimiento del riesgo territorial y fomentar la reducción del efecto de los desastres sobre las comunidades. No está cercano el establecimiento de una metodología unificada para su cálculo ya que la disponibilidad de fuentes de información es muy diversa y los enfoques que se pueden dar al concepto son muy amplios. Las tecnologías de la información geográfica y los métodos de simulación matemática ofrecen posibilidades en su aplicación al estudio de la vulnerabilidad territorial por su capacidad en la modelización de las componentes del riesgo territorial.

- En base al estudio teórico realizado se ha constatado que la componente geográfica de la vulnerabilidad no suele incluirse en su definición. Las definiciones existentes puede entenderse que son aplicables a un ámbito geográfico de forma implícita, pero se hace escasa referencia a la vulnerabilidad territorial. De hecho, hay escasísimas referencias al concepto de vulnerabilidad territorial en la bibliografía. Asimismo, la referencia a la condición de incertidumbre de la vulnerabilidad a pesar de su importancia tampoco queda reflejada en sus definiciones.

- La vulnerabilidad frente a desastres es un concepto complejo en constante evolución.

Las expresiones matemáticas del riesgo y la vulnerabilidad constatan que existe una gran diversidad de acepciones cada una de las cuales opta por considerar aspectos diversos en relación al riesgo. En la totalidad de las expresiones analizadas la vulnerabilidad es un componente del riesgo junto al peligro. Las divergencias aparecen en torno a la incorporación o no de otros factores en la expresión del riesgo, p.e. exposición, capacidad de hacer frente, susceptibilidad etc. En las expresiones analizadas no se suele prodigar la consideración de la dimensión geográfica del riesgo.

Los modelos conceptuales de vulnerabilidad existentes van incorporando progresivamente nuevos contenidos a la vulnerabilidad. Desde una visión generalista que en una primera fase vincula la vulnerabilidad a la pobreza progresivamente se van añadiendo nuevos factores al concepto; factores sociales, aspectos biofísicos, aspectos ambientales, etc.

La vulnerabilidad como factor multidimensional del riesgo está integrada por un conjunto de atributos, factores o indicadores diversos. La revisión de los distintos marcos conceptuales nos advierte que esos atributos van a ser diferentes en función del tipo de enfoque que se dé a su estudio.

Mientras que los componentes físicos de la vulnerabilidad han sido profusamente estudiados, se denota menor conocimiento de los aspectos sociales de la vulnerabilidad frente a los desastres naturales. Probablemente ello se deba a la dificultad intrínseca de cuantificar los aspectos sociales. De hecho, el análisis de las pérdidas sociales propiamente no suele incluirse ni siquiera en los informes de pérdidas postcatástrofe, ya que sólo suelen hacer referencia a la pérdida de vidas, afectados, desplazados etc., pero no a otros atributos de índole social.

Del análisis de estas experiencias se puede deducir que las comunidades organizadas y con mayor experiencia en la gestión de catástrofes tienen mayor capacidad de responder a los desastres. Cada comunidad asigna una determinada importancia al riesgo del desastre en función de las características de las amenazas a las que se ve sometido. Los factores culturales influyen de forma muy directa en la aceptabilidad del riesgo.

- Resulta necesario que existan métodos eficaces de cálculo de la vulnerabilidad territorial que integren el conjunto de componentes del territorio, ya que en su mayoría el análisis de vulnerabilidad se realiza de forma parcial sobre los componentes territoriales y no se dispone de una visión integral.
- La utilización de las tecnologías de la información geográfica en el análisis de la vulnerabilidad territorial es adecuada por sus capacidades para la modelización del territorio y la consideración de los riesgos naturales y sus componentes. Asimismo, sus

funcionalidades en el análisis e integración de información los convierte en una herramienta insustituible en la evaluación/estimación de pérdidas.

- La incertidumbre en la valoración del territorio y en la valoración de los daños potenciales provocados por un evento es un hecho que dificulta el desarrollo de los métodos de evaluación de vulnerabilidad y de evaluación de daños postcatástrofe. En este sentido la modelización estadística puede contribuir a facilitar la representación de las variables territoriales cuya valoración pueda tener una distribución en un margen de valores.

Un estudio de vulnerabilidad integrado precisa contar con información territorial de diversas temáticas por lo que su cálculo se hace complejo o imposible en ámbitos geográficos dónde no exista información, no haya una coordinación institucional respecto a la información territorial y disponer de información territorial actualizada sea complejo. En este sentido, se considera prioritario el cumplimiento de las normativas existentes en cuanto a la liberalización en el acceso a los datos territoriales (Europa: Inspire,.....) y se propone que este nivel de liberalización se incremente en todos los ámbitos que hace referencia al territorio.

Es preciso que el desarrollo de las políticas públicas cuente con un asesoramiento técnico eficiente en materia territorial que se incorpore no solo en las fases de diagnóstico, sino que sea utilizado como instrumento de validación básico de argumentación de las políticas, planes, programas y proyectos, y que además dichos argumentos lleguen a la población como elemento básico de las normativas. Por poner un ejemplo, la construcción de un hospital, o la de un parque de bomberos debe incorporar un estudio de accesibilidad territorial que evidencie que la selección de la localización seleccionada cumple unos criterios exigibles. Los diagnósticos territoriales que sirven de base para el desarrollo de las propuestas de actuación desgraciadamente en ocasiones son meros trámites administrativos que no se cumplen por norma...

Conclusión 2. El desarrollo de una propuesta metodológica para la evaluación de la vulnerabilidad territorial frente a peligros naturales a modo de conclusión práctica del trabajo de investigación.

La vulnerabilidad frente a desastres naturales es una propiedad específica de los elementos del territorio (Pe. edificios vulnerables, cultivos vulnerables o bosques vulnerables) y, a su vez, también describe una característica de un ámbito geográfico (Pe. zona vulnerable, municipio vulnerable, estado vulnerable, región vulnerable, etc). La vulnerabilidad territorial integrada converge de la fusión de ambos extremos haciendo referencia tanto a la condición de un emplazamiento como a las propiedades del conjunto de elementos territoriales que contiene. Un territorio vulnerable da lugar a elementos territoriales vulnerables y, a su vez, elementos territoriales vulnerables dan lugar a un territorio vulnerable. Se establece una relación biunívoca elemento territorial vulnerable – territorio vulnerable.

Diferenciamos tres componentes de la vulnerabilidad territorial integrada (*VTI*) frente a desastres naturales:

- El **territorio expuesto** (*TE*) frente a peligros naturales (pe. peligro incendio, inundación,..). Posee una componente geográfica implícita y constituye la vulnerabilidad territorial por exposición. Un territorio expuesto al peligro es un territorio vulnerable por exposición. Si el territorio se expone a más de un peligro incrementará su vulnerabilidad por exposición desde el punto de vista cualitativo. Los atributos de los elementos territoriales expuestos, en términos de valor intrínseco, condicionan dicha vulnerabilidad. Podemos expresar la exposición territorial del siguiente modo:

$$TE = VaT \cdot Tp$$

VaT : Valor Territorial *Tp* : Territorio en Peligro

La *VaT* se expresa en unidades cuantitativas de valor (euros, metros cuadrados, metros lineales, nº elementos, nº personas, etc). *Tp* según la escala geográfica de análisis puede expresarse en porcentaje representando la superficie total expuesta (pe. 25 % territorio expuesto) o a nivel cartográfico se representaría de forma binaria (0: zonas no expuestas, 1: zonas expuestas).

Debemos indicar que el factor *Tp* (Territorio en Peligro) no equivale al peligro, sólo representa su distribución geográfica a efectos de identificar el territorio expuesto. Si se incorporase un valor porcentual que reflejase su magnitud estaríamos hablando de riesgos, no de vulnerabilidades.

- La **vulnerabilidad territorial intrínseca** (*Vi*) hace referencia a las características intrínsecas de los elementos del territorio en relación a su susceptibilidad frente a los distintos peligros. Se distinguen dos niveles, las características intrínsecas propias del territorio expuesto relacionadas con su localización geográfica (pe. accesibilidad territorial, proximidad a centros de emergencia, visibilidad territorial, etc.) y las características intrínsecas de los elementos expuestos que les hace vulnerables (pe. tipo de material constructivo, tipologías edificatorias, capacidad resistencia al viento, etc.).

La *Vi* se expresa en valor porcentual (tanto por uno) indicando un nivel de vulnerabilidad 1 para aquellos elementos que presentan máxima vulnerabilidad.

- La **vulnerabilidad social** (*VS*) Incluye el conjunto de aspectos sociales y económicos, de un espacio geográfico. (pe. nivel de renta, desempleo, educación,

etc.) que hacen a la población y a su patrimonio más o menos capaces de hacer frente al desastre.

La VS también se expresa a nivel porcentual (tanto por uno).

A partir de dichas componentes expresamos la vulnerabilidad territorial del siguiente modo:

$$Vulnerabilidad\ Territorial\ Integrada = f(ET, Vi, VS)$$

ET: Exposición Territorial, *VTi* : Vulnerabilidad Territorial intrínseca : *VS*: Vulnerabilidad social

Dado el carácter probabilístico de *Vii* y *VS*, se considera adecuado que la relación se represente como producto de los tres factores:

$$VTI = ET \cdot Vi \cdot VS$$

Pe. Supongamos que *Etr* tiene un valor de 1 millón de euros, *Vti* del 0.5 y *VS* de 0.5 la vulnerabilidad territorial obtendría un total de : $VT = 1 \text{ millón} \times 0.5 \times 0.5 = 250.000 \text{ euros}$

Dicha fórmula se podría desagregar para representar los distintos tipos de peligros a los que se encuentra sometido el territorio:

$$VTI = \left(\frac{\sum_{p=1}^n ETr_p \cdot Vi_p}{n} \right) VS$$

ETr : Exposición Territorial, *Vi*: Vulnerabilidad Territorial Intrínseca,
VS : Vulnerabilidad social, *p*: tipo de peligro (*Inundación, Terremoto, Deslizamiento, etc.*)

Si no consideramos las características intrínsecas de los elementos expuestos, sino solo las características territoriales, podemos extraer la influencia del tipo de peligro en la vulnerabilidad intrínseca, quedando la expresión del siguiente modo:

$$VTI = \left(\frac{\sum_{p=1}^n ETr_p \cdot Vi}{n} \right) VS$$

VTI: Vulnerabilidad Territorial Integrada , *ETr* : Exposición Territorial, *Vi*: Vulnerabilidad Territorial Intrínseca,
VS : Vulnerabilidad social, *p*: tipo de peligro (*Inundación, Terremoto, Deslizamiento, etc.*)

Si descomponemos la Exposición Territorial en sus componentes, la expresión quedaría de la siguiente forma:

$$VTI = \left(\frac{\sum_{p=1}^n (Vat \cdot Tp_p) \cdot Vi \cdot VS}{n} \right)$$

VTI: Vulnerabilidad Territorial Integrada *Vat* : Valor Territorial ; *TP* : Territorio en Peligro, *Vi* : Vulnerabilidad Territorial Intrínseca,
VS : Vulnerabilidad social, *p*: tipo de peligro

La expresión “vulnerabilidad territorial” hace referencia a la vulnerabilidad de un ámbito geográfico. Dicho ámbito puede ser de una extensión geográfica variada: una zona, un municipio, una comarca, una región, un estado, un continente o un área geográfica más extensa.

La definición de un ámbito geográfico de análisis va a condicionar la utilización de una determinada escala geográfica. La escala geográfica repercute en la representación de los elementos en el territorio y también condiciona la existencia y disponibilidad de información. En particular, la información socioeconómica normalmente se asocia a unidades de tipo administrativo por lo que es difícil aumentar su nivel de detalle.

El método propuesto distingue dos unidades geográficas de análisis:

- El término municipal (**EL**: escala local). Se analiza la vulnerabilidad a nivel municipal. En este caso se puede disponer de amplia información territorial relativa a aspectos demográficos, sociales, económicos, ambientales, territoriales. La mayoría de censos y padrones de población, y estadísticas territoriales utilizan esta unidad geográfica por lo que es más sencillo acceder a información de diversas fuentes de datos. La utilización del término municipal como unidad geográfica de análisis es adecuada para la planificación del riesgo a un nivel regional, pero es poco operativa a otros niveles que exijan mayor precisión. Se valoró la posibilidad de incorporar la unidad geográfica del distrito censal, pero no se consideró adecuado por el hecho de disponer de escasa información temática desagregada a ese nivel.
- Píxeles (retículas) de tamaño variable (5x5 km., 1x1 km.) (**EP**: Escala Pixel). Este tipo de unidad geográfica puede proporcionar mayor precisión geográfica, pero tiene la desventaja de que la disponibilidad de información socioeconómica es mucho menor. Se han tomado dos niveles de precisión con objeto de dar respuesta a una planificación de riesgos tanto de tipo regional como zonal. El píxel proporciona mayor nivel de detalle y permite una zonificación de la vulnerabilidad más precisa y la identificación concreta de las zonas más vulnerables. Algunas variables socioeconómicas para las que sólo se dispone de información a nivel municipal son transformadas en píxeles con objeto de incluir dicha información en el modelo de evaluación de la vulnerabilidad.

El modelo territorial de vulnerabilidad propuesto simplifica el espacio geográfico en cuatro factores: la población (POB), las infraestructuras/equipamientos (IN), las actividades económicas/ocupación del suelo (AE) y el medio ambiente (MA).

$$Territorio = f (POB, IN, AE, MA)$$

Cada uno de dichos factores a su vez incluye diversas variables territoriales asociadas. Pe. dentro de infraestructuras y equipamientos se incluiría el equipamiento escolar, el equipamiento deportivo, o dentro del medio ambiente: la vegetación, el paisaje, o en la población: la población diseminada, la población en núcleos, etc.

$$POB = f (Pob_1, Pob_2...); IN = f (in_1, in_2...)$$

$$AE = f (ae_1, ae_2...); MA = f (ma_1, ma_2...)$$

La agregación de vulnerabilidad a los desastres naturales para cada uno de los factores territoriales considerados da lugar a una expresión más completa de la vulnerabilidad territorial Integrada (VTI):

$$VTI = \left(\sum_{ft=1}^m \left(\frac{\sum_{p=1}^n ((Va_{ft} Tp_p) V_{ift} Vs)}{n} \right) \right)$$

ft : factor territorial (población, infraestructuras/equipamientos, ocupación suelo, medio ambiente)
 p: tipo de peligro (inundación, terremoto, deslizamiento, tsunamis, etc)
 Va : Valor de los factores territoriales
 Tp: Territorio en peligro
 Vi : Vulnerabilidad Intrínseca
 Vs : vulnerabilidad social

Para que dicha fórmula sea operativa es aconsejable que las unidades de valoración de todos los factores sea la misma, lo cual será posible si se utilizan unidades monetarias.

También pueden utilizarse unidades de valoración de tipo cuantitativo sin referencia a ninguna unidad (pe. valor población, valor infraestructuras, valor ocupación, valor medio ambiente) lo cual también permitiría su integración, y además la posibilidad de incorporar un peso a cada una de las componentes:

$$VTI = \sum_{ft=1}^m w_{ft} \left(\frac{\sum_{p=1}^n ((Va_{ft} Tp_p) V_{ift} Vs)}{n} \right)$$

w: peso del factor territorial
 ft : factor territorial (población, infraestructuras/equipamientos, ocupación suelo, medio ambiente)
 p: tipo de peligro (inundación, terremoto, deslizamiento, tsunamis, etc)
 Va : Valor de los factores territoriales
 Tp: Territorio en peligro
 Vin : Vulnerabilidad Intrínseca
 Vs : vulnerabilidad social

En ocasiones será difícil disponer de la totalidad de la información necesaria para la valoración de cada uno de los factores territoriales considerados o bien la calidad de la información no será suficiente, así se podrán obtener mapas parciales de vulnerabilidad integrada que combinen distintos parámetros (población/infraestructuras, infraestructuras/usos, usos/medio ambiente, etc).

Las expresiones que hemos utilizado para representar la vulnerabilidad territorial sugieren que los factores por los que está formada adquieren un valor numérico concreto en cada valoración (Valor del Territorio, Territorio en peligro, Vulnerabilidad intrínseca, Vulnerabilidad Social) sin embargo en la práctica se evidencia que el proceso de cálculo lleva implícita cierta incertidumbre por diversos motivos:

- El valor de los elementos territoriales no se conoce con precisión y puede oscilar de un valor máximo a un valor mínimo. Pe. valor de una hectárea de un determinado cultivo, valor del metro lineal de una carretera, etc.
- El número de factores que interviene en la valoración de la vulnerabilidad intrínseca, así como la importancia de cada uno de ellos es indeterminada.
- La vulnerabilidad social depende de factores diversos cuya importancia puede ser variada.

Para representar dicha incertidumbre proponemos el uso de distribuciones de probabilidad que caracterizan la variabilidad de las variables consideradas.

Tras la consideración de la incertidumbre en el proceso de valoración de la Vulnerabilidad Territorial Integrada se podría expresar del siguiente modo :

$$VTI = [(f(x)) \cdot Tp] \cdot (f'(x)) \cdot (f''(x''))$$

(Valor Territorial) (Vulnerabilidad Intrínseca) (Vulnerabilidad Social)

$F(x)$, $f'(x)$, $f''(x)$ son funciones de densidad

Conclusión 3. Propuesta de un modelo de estimación de pérdidas ocasionadas por un desastre/siniestro natural.

De los múltiples enfoques posibles en la evaluación de daños/perdidas, la aproximación que proponemos se centra en la evaluación **de pérdidas potenciales derivadas de un desastre** y se estructura en dos submodelos, cuyo fundamento es el conocimiento previo de la vulnerabilidad territorial integrada del territorio afectado :

- a) Modelo de Probabilístico de Evaluación de Pérdidas Potenciales
- a) Modelo cualitativo de pérdidas y daños

El modelo de evaluación de pérdidas probabilístico propuesto se fundamenta en el conocimiento previo del valor territorial afectado potencialmente por un evento catastrófico y el grado de destrucción que ha provocado la catástrofe. En este sentido vamos a utilizar el método de valoración económica del territorio desarrollado para el cálculo de la vulnerabilidad territorial.

$$Pérdidas potenciales = \left(\sum_{ft=1}^m (ValorTerritorial) ft * (\%Destrucción - desastre) ft \right)$$

ft : factor territorial (población, infraestructuras/equipamientos, ocupación suelo, medio ambiente)

El procedimiento de cálculo consiste en considerar el desastre como una actuación que supone una pérdida del valor territorial original en las áreas que han sido afectadas. Para ello es preciso concretar:

- La delimitación del ámbito geográfico del desastre y la identificación de los elementos territoriales afectados.
- Estimación del nivel destructivo del desastre. Asignación de un valor numérico porcentual que represente el grado de destrucción del desastre en función de la intensidad del evento (severidad) y del elemento territorial afectado.

En ambos casos se trata de procedimientos de cálculo de pérdidas potenciales directas y en gran medida se basan en el conocimiento previo del patrimonio territorial existente y su valor económico.

La información disponible del valor territorial de cada unidad geográfica fruto de los modelos de simulación realizados en el cálculo de la vulnerabilidad territorial es un valor que puede representarse mediante una función de distribución estadística.

Asimismo, el grado de afectación de un desastre también posee un factor de incertidumbre y puede expresarse mediante una función de distribución estadística que puede establecer de forma aproximada el grado de afectación, mínimo, medio y máximo.

$$Pérdidas potenciales = \left(\sum_{ft=1}^m (ValorTerritorial) ft * (\%Destrucción - desastre) ft \right)$$

ft : factor territorial (población, infraestructuras/equipamientos, ocupación suelo, medio ambiente)

$$\text{Pérdidas potenciales} = f(x) * f'(x')$$

$f(x)$: Función estadística que representa el valor territorial

$f'(x')$: Función de distribución estadística que representa el nivel de pérdidas

La valoración económica de cada elemento se puede expresar como un modelo de distribución estadístico de tipo triangular *Triang* (*min*, *medio*, *máximo*) así como también el nivel de pérdidas potenciales experimentado (*Pérdidas = Triang (Mín, Media, Máxima)*) de esa forma se realizar un modelo de simulación, para valorar de manera aproximada el nivel de pérdidas económicas potenciales que podrían producirse.

El modelo que proponemos se basa en el establecimiento de un rango de nivel de pérdidas potenciales a partir de la información proporcionada en el cálculo de la vulnerabilidad territorial por exposición para las retículas de 1x1 Km. ya que son las que poseen mayor nivel de precisión geográfica.

El Modelo cualitativo de estimación de pérdidas y daños potenciales propuesto consiste en el desarrollo de un proceso de superposición cartográfico realizado sobre un SIG de la delimitación del desastre con toda la información territorial disponible en una base de datos construida al efecto. El resultado sería un completo informe de los elementos potencialmente afectados por el desastre. Si para alguna de la información disponible se posee información económica sería posible obtener una aproximación económica básica de pérdidas potenciales.

Conclusión 4. La vulnerabilidad Territorial de Mallorca.

Territorio Expuesto. Los municipios de Mallorca están expuestos moderadamente a los peligros naturales de inundación, deslizamiento, incendio forestal y terremoto. El valor medio es de un 40% de territorio expuesto a uno o más peligros. Cuando un 100% supondría una exposición máxima a los cuatro peligros naturales.

Entre los municipios con mayor nivel de *Territorio Expuesto* están al frente una gran parte de municipios de la Serra de Tramuntana por el hecho de acumular peligros de deslizamiento e incendios (Fornalutx, Escorca, Deià, Banyalbufar, Estellencs, Sóller, Valldemossa, Puigpunyent...). En segundo término destacan los municipios de Artà y Capdepera al Noroeste de la Isla. En ellos coinciden también los peligros de deslizamiento e incendios en las Serres de Llevant. Las áreas menos expuestas se localizan en el Raiguer y Pla de Mallorca, especialmente los municipios de Binissalem, Consell, Llubí, Montuiri.

El modelo de distribución del Territorio Expuesto en Mallorca delata en general unos valores notables de exposición, un gran condicionamiento topográfico para los peligros de deslizamientos e incendio.

Si calculamos el Valor Absoluto del ITE para la isla de Mallorca obtenemos un valor de 0,5921 lo cual supone un valor medio/alto de nivel de exposición.

$$\text{Indice Territorio Expuesto} = [(\% \text{zonas 1 peligro} \times 1) + (\% \text{zonas 2 peligros} \times 2) + (\% \text{zonas 3 peligros} \times 3) + (\% \text{zonas 4 peligros} \times 4)] / n^{\circ} \text{ Peligros} \times 100$$

$$\text{ITE} = (13,11 \times 1 + 42,22 \times 2 + 39,31 \times 3 + 5,34 \times 4) / 4 \times 100$$

$$\text{ITE} = (13,11 + 84,44 + 117,93 + 21,36) / 400 = 236,84 / 400 = 0,5921$$

Valor del Territorio. La distribución del valor integrado en la isla de Mallorca se caracteriza por las siguientes pautas:

- Elevado valor territorial en las zonas urbanas. A este respecto en los mapas de retículas se dibujan con claridad los núcleos urbanos de los distintos municipios así como las zonas costeras.
- Máximos valores en el eje Palma-Inca. En base a la valoración de las edificaciones, la población residente y las infraestructuras este sector destaca de forma clara sobre el resto de zonas.
- Las zonas naturales con menor grado de influencia antrópica (población, construcciones e infraestructuras) son las que alcanzan menores valores. Éstas se localizan en la Serra de Tramuntan, Serres de Llevant (Artà), y áreas del torrent de na Borges, marina de Llucmajor y áreas naturales de Santanyí.

La distribución municipal del valor integrado muestra que los municipios que concentran mayor valoración son los siguientes: Calvià, Manacor, Llucmajor, Marratxí, Alcudia, Inca, Felanitx, Santa Margalida, Santanyí, Muro y Pollença. El grado de variabilidad del valor económico que pueden tomar dichos municipios es también proporcional a su propia magnitud.

La sensibilidad territorial evaluada a nivel municipal señala los municipios de Alcudia, Calvià y Capdepera como zonas con carga poblacional e infraestructural elevada. Marratxí, Binissalem, Búger municipios cuyos valores prioritarios son las infraestructuras y las edificaciones. Llucmajor, Artà, y la mayor parte de municipios de la Serra de Tramuntana en las que los valores agrícolas y naturales toman también una significación singular.

Los valores de sensibilidad territorial en las retículas de 5x5 Km. y 1x1 Km. evidencian el elevado carácter valor medioambiental de la isla con una dominancia generalizada de los valores del suelo rústico y medioambiental. Las infraestructuras y edificaciones aparecen de forma localizada en núcleos urbanos y zonas turísticas.

Observamos que el modelo desarrollado presenta diferencias significativas en relación a las unidades geográficas utilizadas por tanto a un factor de escala. En este sentido se considera que la escala municipal presenta limitaciones importantes respecto a la interpretación de los datos.

La valoración económica de los municipios se relaciona en gran medida con su dimensión geográfica. De hecho se podría decir que en la isla de Mallorca existe una distribución

homogénea de la población, infraestructuras y equipamiento, ya que a municipios de mayor tamaño mayor población, mayor infraestructuras, más edificaciones, más valores agrícolas y más valores medioambientales.

Por ello, desde el punto de vista de valoración económica territorial es necesaria la utilización de unidades geográficas de tamaño homogéneo y de dimensión lo más reducida posible que permitan detectar diferencias significativas ligadas a la localización.

Asimismo, el modelo aplicado evidencia la dificultad de realizar una valoración integrada de factores cuyo orden de magnitud sea muy diferente (pe. infraestructuras/valores medioambientales). En este sentido, el análisis independiente de factores y la valoración cualitativa de los mismos mediante normalización ha sido la opción escogida para poder trabajar de forma integrada.

El margen de incertidumbre de la valoración económica realizada es muy elevado y se debe a la propia incerteza en la valoración de los distintos factores considerados: población existente (residente, vinculada, turística), el valor económico asignado a la población, el precio de las infraestructuras, el valor de las edificaciones en función de sus características, la valoración del suelo rústico (basada más en el potencial urbanizador del suelo que en su propio valor agrológico) o la valoración del medio natural realizada en base a una evaluación genérica de ecosistema a nivel internacional. Llegar a mayor nivel de detalle supone sin duda incrementar la escala geográfica de análisis.

A pesar de los posibles errores de magnitud los resultados obtenidos sí son una buena aproximación a la valoración del territorio a una escala regional y sin duda puede servir de base al estudio de la exposición territorial frente a peligros naturales.

Exposición Territorial

Los resultados obtenidos señalan al municipio de Calvià como el que presenta mayor grado de exposición territorial. Ello se debe fundamentalmente a dos circunstancias, en primer lugar a que es uno de los municipios que concentra mayor valor territorial y en segundo término a que también es el municipio que posee mayor porcentaje de territorio expuesto. A su vez en Calvià se observa que existe una gran incertidumbre en cuanto al valor exacto de vulnerabilidad por exposición, con valores que oscilan entre 4.938 y 13.513 millones de euros. Es decir el margen de pérdidas potenciales es muy amplio.

Después de Calvià, aparecen a cierta distancia los municipios de Manacor, Lluçmajor, Marratxí, Alcúdia, Pollença, Bunyola y Capdepera, cuyos valores expuestos dibujan una recta que va reduciendo el valor de bienes expuestos llegando hasta el municipio de Búger que presenta el menor nivel de exposición.

Si analizamos los resultados de exposición para cada uno de los peligros territoriales considerados, comprobamos que los resultados son diferentes para cada uno de ellos. En cuanto la exposición a la inundación, Muro es el municipio que alcanza mayor valor de exposición llegando a los 2.500 millones de euros expuestos. En segundo término, le siguen sa Pobla, Campos, Alcudia y Marratxí.

La exposición al peligro de deslizamiento muestra que Calvià vuelve a ser uno de los municipios más expuestos (llegando a valores de hasta 8.000 millones de euros), seguido por Pollença, Bunyola, Sóller, Andratx y Alcudia.

En cuanto al peligro de incendio los resultados sitúan a Calvià también como un municipio de máxima exposición (llegando a 16.000 Meuros), seguido de Lluçmajor, Pollença, Manacor, Bunyola y Alcudia.

Como vimos en su momento la exposición al peligro sísmico es total para todo el territorio de Mallorca, por lo que los valores de exposición se corresponden a los valores de valor económico integrado. En este caso el máximo valor se alcanza en Calvià, seguido de Manacor, Lluçmajor, Marratxí e Inca, que poseen los núcleos urbanos de mayor importancia en la isla de Mallorca.

Se evidencia la preponderancia la exposición al peligro de incendio, en segundo lugar la exposición al peligro de exposición y en último término la exposición al peligro de inundación.

Existen diferencias significativas respecto a la exposición de cada factor territorial en relación a cada tipo de peligro.

En el caso de la exposición a la inundación podemos observar:

- la exposición mayor se manifiesta en los municipios de Alcudia y Calvià, Campos, Marratxí i sa Pobla.
- En los municipios de Alcudia y Calvià la población es el factor más expuesto.
- En los municipios de campos, Muro y sa Pola el factor más expuesto son las construcciones.
- En Marratxí el factor más expuesto son las infraestructuras.
- En un gran número de municipios los valores de exposición son muy bajos: Algaida, Binissalem, Costitx, Deià, Mancor, Montuiri, Porreres, Sencelles, ..

Respecto a la exposición a deslizamiento,

- los municipios más expuestos son Bunyola, Calvià, Pollença Sóller y Andratx. Se trata en su mayoría de municipios ubicados en la Serra de Tramuntana cuyo patrimonio territorial es elevado. En Calvià y Bunyola destacan las infraestructuras, en Calvià y Sóller la población, en Andratx y Pollença las construcciones. Igual que en el caso de la exposición a la inundación, aparece un gran número de municipios que alcanzan valores de exposición muy bajos como Algaida, Costitx, Lloret,

Marratxí, Muro, Sant Joan, Sencelles, Sineu.

La mayor exposición por incendio forestal se produce en los municipios de Calvià, Bunyola, Llucmajor, Pollença, Sóller, Capdepera y Alcudia. En Calvià la población es el factor de mayor afectación, mientras en Llucmajor y Pollença son las construcciones las mayormente afectadas.

Los resultados obtenidos evidencian que la vulnerabilidad territorial de Mallorca a los peligros naturales es significativa. Todos los factores territoriales que se han tenido en cuenta (población, construcciones, ocupación del suelo, suelo rústico, medio natural) presentan una exposición al conjunto de peligros de magnitud considerable que debe ser valorada en el proceso de gestión de riesgos territoriales con objeto de que sean preservados.

El nivel de exposición territorial detectado demuestra que el desarrollo urbanístico de la isla se ha realizado sin considerar los peligros naturales como un factor limitante del crecimiento. La ocupación del territorio y su uso no se adaptan de forma correcta a su verdadera aptitud territorial y la exposición de la población y sus bienes a los peligros naturales ha sido práctica habitual en el pasado.

La reducción de la vulnerabilidad territorial por exposición de la isla de Mallorca tiene que venir preferentemente de la puesta en marcha de instrumentos de ordenación territorial que consideren los peligros territoriales como factores determinantes en la asignación de usos del suelo. En este sentido, se considera que el trabajo realizado hasta la fecha por parte de la administración pública (autonómica, insular, local) en la cartografía de peligros territoriales por parte del Plan Territorial de Mallorca, Planes Generales, Planes sectoriales de infraestructuras, Normas Subsidiarias y los planes de Emergencia de Baleares ha sido insuficiente. La cartografía de los peligros naturales no es suficientemente precisa a nivel de escala geográfica, ni se ha realizado de forma rigurosa. Asimismo, la vulnerabilidad por exposición no ha sido suficientemente valorada.

La mejor opción para reducir la vulnerabilidad por exposición es evitar la ubicación de la población, y sus bienes (equipamientos, infraestructuras,...) en zonas expuestas al peligro. Ello implica un profundo conocimiento del territorio y de los peligros territoriales a los que se halla expuesto. Sin embargo, la realidad territorial de Mallorca evidencia que las acciones de reducción de la exposición a emprender en la actualidad tendrían un carácter más de tipo curativo que preventivo.

Las ámbitos geográficos que más padecen la ausencia de planificación de la exposición a los peligros naturales son:

- Áreas de crecimiento de los núcleos urbanos (Palma, Inca, Manacor)
- Zonas turísticas costeras próximas a torrentes y zonas húmedas.
- Infraestructuras y equipamientos expuestos.

Cuando la reducción de la vulnerabilidad por exposición no es viable deberá actuarse en la reducción de la vulnerabilidad intrínseca de los elementos territoriales más que en la optimización de su localización geográfica. Por ejemplo, desvío/canalización de torrentes para evitar su paso por zonas urbanizadas, tala de árboles en zonas urbanizadas, cimentación reforzada en zonas con peligro de deslizamiento, etc. Ello implica inversiones de gran magnitud y no suele reducir de forma integral los riesgos.

Vulnerabilidad Social

Los resultados muestran que la máxima vulnerabilidad la adquiere el municipio de Ariany, seguido de Porreres, Capdepera y Marratxí. La mínima vulnerabilidad social se sitúa en los municipios de Escorca, Bunyola, Artà, Valldemossa y Banyalbufar.

Se advierte una tendencia a que los municipios de la Serra de Tramuntana y las Serres de Llevant adquieran valores menores de vulnerabilidad social frente a los desastres naturales. Probablemente este hecho se deba a la revalorización generalizada de las zonas de montaña en los últimos años por sus valores ambientales, así como por su reducida población y su elevado nivel de renta. De igual forma, los resultados dejan patente mayor vulnerabilidad de las zonas agrícolas motivado por el abandono que en los últimos decenios ha tenido la agricultura en la isla, así como por el envejecimiento de su población.

Los municipios más turísticos de la isla como Calvià, Santa Margalida, Muro, Andratx, Alcúdia, Capdepera tienen una respuesta variable en cuanto a vulnerabilidad social que no permiten su agrupación. Ello viene motivado por su gran heterogeneidad en cuanto a población residente, recursos económicos, número de turistas, etc.

Si analizamos el grado de variabilidad de los valores de vulnerabilidad social para cada uno de los municipios obtenidos en el modelo de simulación comprobamos en este caso que se produce menor variabilidad en los municipios turísticos (Alcúdia, Calvià, Santanyí..) y en los de mayor población (Manacor, Marratxí, Calvià..) que en los menos poblados (Esporles, Campanet, Petra, Escorca, Costitx). Este hecho delata que el nivel de incertidumbre es en general más elevado en municipios pequeños en los que no está clara su tendencia.

En general se observa que la vulnerabilidad social de Mallorca no advierte diferencias muy significativas a nivel municipal. Hecho que argumenta que en general existe un nivel elevado de riqueza y equilibrio territorial. No se detectan grandes desequilibrios que pudieran tener una repercusión en la vulnerabilidad de las poblaciones frente a los desastres naturales.

Las actuaciones para la reducción de la vulnerabilidad social de Mallorca deberían ir encaminadas a la reducción de los desequilibrios detectados actuando sobre cada una de las variables implicadas. No se trata de actuar de forma exclusiva sobre alguno de los factores de vulnerabilidad, sino de una acción coordinada. En general se consideran de especial importancia las acciones formativas de reducción de vulnerabilidad frente a desastres naturales que se realicen sobre la población residente, así como también en determinados casos a la población turística que utiliza de segundas residencias en la isla. La exposición al peligros de incendio e inundación en particular debería ser conocida por la población así como protocolos de emergencia para la evacuación en caso de siniestros.

El riesgo de desarrollar actuaciones de prevención frente a desastres naturales en la isla puede desencadenar un estado de alarma en la población que podría repercutir sobre la demanda turística. Este hecho, motiva una ausencia de actuaciones formativas que debería evitarse.

Otro factor importante a considerar en la reducción de la vulnerabilidad social en Mallorca tiene que ver con la falta de cohesión social especialmente en las zonas turísticas/residenciales. Se trata de un colectivo de población de gran importancia cuantitativa y cualitativa que normalmente no establece vínculos de unión con la población residente habitual y se mantiene aislada en sus viviendas vacacionales. Habitualmente son personas extranjeras que solo hablan su lengua y presentan problemas de comunicación. Este hecho provoca que no sea consciente de los peligros naturales a los que puede verse expuesto y no tenga mecanismos de respuesta a los siniestros. Esta circunstancia también es aplicable a la población inmigrante que ha llegado a la isla en los últimos años y que no establece vínculos personales con la población local y se mantiene aislada en su propio colectivo. Asimismo, coincide que son personas con escasos recursos económicos, que no hablan las lenguas locales y no perciben los peligros a los que se hallan expuestos.

Las zonas agrícolas del interior de la isla que no han experimentado un crecimiento urbanístico y económico directo derivado del desarrollo turístico experimentan también un cierto incremento de la vulnerabilidad social a los desastres naturales derivado de la falta de recursos, envejecimiento de la población y reducción de infraestructuras. Afortunadamente en su mayoría son zonas en las que la exposición a los peligros naturales no suele ser elevada, y la cohesión social es alta. En estos casos las actividades formativas en materia de prevención de riesgos son la mejor medida para la reducción de la vulnerabilidad.

Vulnerabilidad Territorial Integrada

Son muchas las cuestiones relevantes que se han descubierto en la interpretación de los diversos resultados cartográficos y estadísticos obtenidos en relación con la vulnerabilidad: dónde se concentra el peligro, qué componentes del territorio manifiestan mayor exposición, qué zonas poseen mayor valor económico, dónde se concentra la población, etc.

La VTI es una variable de síntesis cuya interpretación aporta una información combinada de dónde se ubican los valores territoriales, cuáles de ellos están expuestos a los peligros naturales y a su vez, qué capacidades tiene la población de dichos lugares para responder a un desastre. La combinación de conceptos es clave, ya que ayuda a detectar dónde debería actuarse de forma más inmediata desde la perspectiva de la prevención: zonas de máximo valor/zonas expuestas/zonas cuya población es muy vulnerable desde el punto de vista social. El modelo utilizado proporciona los resultados en unidades cuantitativas monetarias (euros) mediante el producto de los valores territoriales expuestos por un porcentaje de vulnerabilidad, pero podría haberse realizado una ponderación previa y optar por reducir o aumentar la importancia de cada uno de los factores considerados.

Los resultados obtenidos de VTI para la isla de Mallorca tanto a nivel municipal como a nivel de retícula de 5x5 Km. y 1x1 Km. muestran la enorme importancia de la distribución de los recursos territoriales y su exposición a los peligros naturales. A pesar de que la vulnerabilidad social, como vimos en el capítulo anterior, alcanza unos valores muy heterogéneos y difíciles de prever en los municipios, la importancia de la vulnerabilidad por exposición a pesar de ser corregida mantiene sus tendencias principales permaneciendo los municipios más poblados/turísticos bajo la influencia de Palma a la cabeza de la vulnerabilidad (Calvià, Manacor, Lluçmajor, Marratxí, Alcúdia, Pollença..). En los valores más bajos se encuentran las áreas que concentran menores valores territoriales.

Los resultados obtenidos han probado la viabilidad en la aplicación del modelo metodológico propuesto así como el interés de los resultados obtenidos para el desarrollo de actuaciones de prevención.

Conclusión 5. Las pérdidas potenciales derivadas de un incendio forestal en el término municipal de Puigpunyent, calculadas con el modelo propuesto, muestran la eficacia de la metodología desarrollada para proporcionar una valoración cuantitativa y cualitativa de los efectos del siniestro.

Líneas de trabajo futuras

Tal y como reflejan los resultados de la investigación realizada la evaluación de la vulnerabilidad territorial frente a los peligros naturales y la estimación de pérdidas potenciales provocadas por un desastre natural requieren disponer de información territorial precisa del patrimonio territorial de su estado de conservación y su valor económico. En este sentido, la valoración económica del territorio es una tarea fundamental para la planificación de los riesgos naturales así como también lo es la evaluación de los peligros naturales. Una línea de investigación futura será profundizar en la mejora de los métodos de valoración económica del territorio desde la perspectiva geográfica, con el fin a contribuir a la reducción de la vulnerabilidad territorial y a la reducción de los efectos de los desastres naturales.

Las tecnologías de la información geográfica en combinación con los métodos de simulación tienen grandes posibilidades aplicadas en la evaluación de la vulnerabilidad y la estimación de daños y deben fomentarse. El objetivo propuesto es automatizar todo el proceso de cálculo de vulnerabilidad desarrollado con objeto de poder mantener actualizada la base de datos e ir ajustándolo progresivamente.

Un trabajo que nos parece de gran interés y que no ha sido abordado en la tesis es completar el modelo, incorporando la vulnerabilidad intrínseca del territorio a los diferentes peligros. Nos proponemos abordar el estudio de la vulnerabilidad intrínseca a diversos tipos de peligros. En especial centraremos en una primera etapa el estudio en el ámbito del peligro de incendio forestal.

El trabajo se continuará en el futuro con la incorporación del municipio de Palma en el análisis integral de la vulnerabilidad territorial de la isla de Mallorca.

7. Referencias citadas en el texto

- ABARQUEZ, I. and MURSHED, Z. (2004). Community-Based Disaster Risk Management. Field practitioner's handbook, Asian Disaster Preparedness Center. United Nations Economic and Social Commission for Asia and Pacific. European Commission Humanitarian Aid Officece .
- ADGER, N. W., BROOKS, N., BENTHAM, G., AGNEW, M., and ERIKSEN, S. (2004). New indicators of vulnerability and adaptative capacity. Tyndall Centre for Climate Change Research.
- ADGER W.N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change* 16, 268-281.
- ADRIAANSE A. (1993). Environmental Policy Performance Indicators. SDV Publishers, The Hague.
- ADRIANTO L. and MATSUDA Y. (2004). Study on assessing economic vulnerability of small island regions. *Environment, Development and Sustainability* 6, 331-336.
- AL-SABHAN W., MULLIGAN M., and BLACKBURN G.A. (2003). A real-time hydrological model for flood prediction using GIS and the WWW. *Computers, Environment and Urban Systems* 27, 9-32.
- ALESA L., KLISKEY A., and BROWN G. (2008). Social-ecological hotspots mapping: A spatial approach for identifying coupled social-ecological space. *Landscape and Urban Planning* 85.
- ALEXANDER D. (2000). Confronting Catastrophe. Terra, Hertfordshire.
- ALEXANDER D. (1997). The Study of Natural Disasters, 1977-1997: Some Reflections on a Changing Field of Knowledge. *Disasters* 4, 284-304.
- ALEXANDER D. (1989). Urban landslides. *Progress in Physical Geography* 13, 157-191.
- ALEXANDER D.E. (1991). Applied geomorfology and the impact of natural hazards on the build environment. *Natural Hazards* 4, 57-80.
- ALEXANDER D.E. (1993). Natural Disasters. UCL Press, London.
- ALEXANDER D.E. (2002). Principles of Emergency Planning and Management. Terra Publishing, Hertfordshire, UK.
- ALEXANDER D.E. (1995). A survey of the field of natural hazards and disaster studies. In Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards (ed. CARRARA A. and GUZZETTI F.), pp. pp. 1-20. Kluwer Academic Publishers, Dordrec, The Netherlands.
- ALONSO CLIMENT I. (2002). Tercer mundo, desarrollo, desastres y tecnología. Una mirada desde la geografía. *Serie Geográfica* 10, 11-26.
- ALTAN O.e.al. (2001). Photogrammetry and geographic Information systems for quick assessment, documentation and analysis of earthquakes. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 55, 359-372.

ÁLVAREZ SECO A. and BARRANCO SANZ L. (2002). Los Sistemas de Información Geográfica en Protección Civil. In Los Sistemas de Información Geográfica en la Gestión de los Riesgos Geológicos y el Medio Ambiente (ed. LAÍN HUERTA L.), Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.

AMARAL, Fortuna et al. (2001). The cost of Peripherality. Luxemburg: European Parliament. Directorate-General for Research. Regional Policy Series; 2001 Jan; REGI 111 EN.

ANDERSON-BERRY L.J. (2003). Community Vulnerability to Tropical Cyclones: Cairns, 1996-2000. *Natural Hazards* 30, 209-232.

ANDERSON M.B. (2000). Vulnerability to Disaster and Sustainable Development: A General Framework for Assessing Vulnerability. In STORMS (ed. Pielke Jr.a.P.R.), Routledge, London.

ANDERSON M.B. and WOODROW P.J. (1988). Rising from the Ashes. Development Strategies in Times of Disaster. Intermediate Tecnology Publications, London.

ANDERSON M. (1991). Which costs more: prevention or recovery ? In Managing Natural Disaster and the Enviornment ed. Alcira Kreimer and Mohan Munasinghe. World Bank.

ANDRÉS DE PABLO, N., TANARRO GARCÍA, L.M., PALACIOS ESTREMER, D. (2010). Las aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica al estudio de riesgos naturales. *Ciudad y Territorio: Estudios territoriales*. Nº 165-166. pp. 529-550.

ANEAS DE CASTRO S. D. (2000). Riesgos y peligros: una visión desde la geografía. *Scripta Nova. Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales* 60.

ANNONI A. , BERNARD L., DOUGLAS J., and et al. (2005), Orchestra: Developing a Unified Open Architecture for Risk Management Applications. In Geo-information for Disaster Management (ed. OOSTEROM P.v., ZLATANOVA S., and FENDEL E.M.), pp. 1-17. Springer, Delf. The Netherlands.

ARMAS I., DAMIAN R., and SANDRIC I. (2006), Assessing social vulnerability in disaster mitigation. case study: Bucharest Historic Center. *Geophysical Research Abstracts* 8.

ARMAS I. (2006), Earthquake Risk Perception in bucharest, Romania. *Risk Analysis* 26, 1223-1234.

ARRANZ LOZANO M. ,(2006), El papel de la protección civil como servicio público ante los riesgos naturales. In Riesgos Naturales y Desarrollo Sostenible: impacto, predicción y mitigación (ed. AYALA CARCEDO F.J., OLCINA CANTOS J., LAÍN HUERTA L., and GONZÁLEZ JIMÉNEZ A.) Ministerio de Educación y Ciencia. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.

ARRANZ LOZANO M. (2003), Percepción de la población en la convivencia con los riesgos catastróficos. *Art. de prensa para la Revista de Protección Civil* abril 2003, 1-12.

AYALA-CARCEDO F. (2002), Analisis de Riesgos por Movimientos de Ladera. In Riesgos Naturales (ed. AYALA-CARCEDO F.J. and OLCINA CANTOS J.), pp. 379-409. ARIEL, Barcelona.

AYALA-CARCEDO F. (2002), Catástrofes Naturales, Mitos, Religiones e Historia. In Riesgos Naturales (ed. AYALA-CARCEDO F.J. and OLCINA CANTOS J.), pp. 7103-124. ARIEL, Barcelona.

AYALA-CARCEDO F. and CUBILLO-NIELSEN S. (2002), Funciones ecológicas, económicas y evolutivas de los desastres y calamidades naturales. In Riesgos Naturales (ed. AYALA-CARCEDO F.J. and OLCINA CANTOS J.), pp. 89-101. ARIEL, Barcelona.

AYALA-CARCEDO F.J. and GONZÁLEZ JIMÉNEZ A. (2006), Mitigación de desastres naturales en el mundo y desarrollo sostenible: una aproximación al análisis de riesgo. In Riesgos Naturales y Desarrollo Sostenible: impacto, predicción y mitigación (ed. AYALA CARCEDO F.J., OLCINA CANTOS J., LAÍN HUERTA L., and GONZÁLEZ JIMÉNEZ A.), Ministerio de Educación y Ciencia. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.

AYALA CARCEDO F.J., OLCINA CANTOS J., LAIN HUERTA L., and GONZÁLEZ JIMÉNEZ A. (2006), Riesgos naturales y desarrollo sostenible. Impacto, predicción y mitigación. Ministerio de Educación y Ciencia. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.

AYALA CARCEDO F.J. (2000), La ordenación el territorio en la prevención de catástrofes naturales y tecnológicas. Bases para un procedimiento técnico.administrativo de evaluación de riesgos para la población. *Boletín de la A.G.E.* 30, 37-49.

BADAL J., VAZQUEZ-PRADA M., and GONZALEZ A. (2005), Preliminary Quantitative Assessment of Earthquake Casualties and Damages. *Natural Hazards* 353-374.

BACCARIA, J. et al. 1999. "Atles Ambiental de la Mediterrània. L'estructura del territori i del paisatge". Ed. Institut Català de la Mediterrània et al. Barcelona.

BALDWIN, R. E. and FORSLID, R. The Core-Periphery Model and Endogenous Growth: Stabilizing and Destabilizing Integration. *Economica*. 2000; 67(267):307-324.

BAKKES, J. A., VAN DEN BORN, G. J., and et al. (1994). An Overview of environmental Indicators: State of Art and Perspectives. Nairobi., UNEP/EATR. 94-01; RIVM/402001001 Environmental Assessment Subprogramme.

BANKOFF G. (2003), Constructing Vulnerability: The Historical, Natural and Social Generation of Flooding in Metropolitan Manila. *Disasters* 27, 224-238.

BARCELO PONS, B (1978). "Aspectos geográficos de Mallorca" en Historia de Mallorca. Colom Roselló. Palma de Mallorca. 1978

BARCELÓ PONS, B. (1988). "Las islas Baleares" en Geografía Regional de España. Ariel. Barcelona.

BARROCA B., BERNARDARA P., MOUCHEL J.M., and HUBERT G. (2006), Indicators for identification of urban flooding vulnerability. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 6, 553-561.

BECK U. (2000), Retorno a la teoría de la "Sociedad del Riesgo". *Boletín de la A.G.E.* 30, 9-20.

BECK U. (1986), La sociedad del riesgo. Hacia una nueva modernidad. Paidós, Barcelona.

BELENNOW K. and SALLNAS O. (2004), WINDA - a system of models for assessing the probability of wind damage to forest stands within a landscape. *Ecological modelling* 175, 87-99.

BENDIMERAD F. (2001), Loss estimation: a powerful tool for risk assessment and mitigation. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 467-472.

BENITO OTERINO B., CONTRERAS RUIZ M., BRAVO GARCÍA M., BARRERO HERNÁNDEZ G., and JIMÉNEZ PEÑA E. (2002), Aplicación de un Sistema de Información Geográfica al estudio de la distribución espacio-temporal de los sismos de 2001 en El Salvador. In *Los Sistemas de Información Geográfica en la Gestión de los Riesgos Geológicos y el Medio Ambiente* (ed. LAÍN HUERTA L.) Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.

BENSON C. and CLAY E.J. (2004) Understanding the Economic and Financial Impacts of Natural Disasters, pp. 119. The World Bank, Washington, D.C.

BESCOS A. and CAMARASA A.M. (2004), La creciente ocupación antrópica del espacio inundable y el aumento de la vulnerabilidad en las poblaciones del Bajo Aragón (Navarra). *Boletín de la A.G.E.* 37, 101-117.

BHASKARAN S., DATT B., FORSTER B., NEAL T., and BROWN M. (2004) Integrating imaging spectroscopy (445-2543 nm) and geographic information systems. *Int. J. Remote Sensing* 25, 2625-2639.

BILLA L., MANSOR S., and MAHMUD A.R. (2004) Spatial information technology in flood early warning systems: an overview of theory, application and latest developments in Malaysia. *Disaster Prevention and Management* 13, 356-363.

BIRKMAN J. (2005) Danger need not spell disaster - but how vulnerable are we. *Research brief, Number 1. United Nations University, Tokyo.*

BIRKMANN J. (2006) Indicators and criteria for measuring vulnerability: Theoretical bases and requirements. In *Measuring Vulnerability to Natural Hazards. Towards disaster resilient societies* (ed. BIRKMANN J.), pp. 55-77. United Nations University Press, New York, USA.

BIRKMANN J. (2006) *Measuring Vulnerability to Natural Hazards. Towards disaster resilient societies.* United Nations University Press, New York, USA.

BIRKMANN J. and FERNANDO N. (2007) Measuring revealed and emergent vulnerabilities of coastal communities to tsunami in Sri Lanka. *Disasters* 32, 82-105.

BIRKMANN J. (2007) Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness and policy implications. *Environmental Hazards* 7, 20-31.

BLAICKIE, P., CANNON, T., DAVIS, I., and WISNER, B. (1994). *At Risk: Natural Hazards People's Vulnerability and Disasters.* 284 pp. 1994. London, Routledge.

BLONG R. (2003) A review of damage intensity scale. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 29, 57-76.

BLONG R. (2003) A new Damage Index. *Natural Hazards* 30, 1-23.

BOCKARJOVA M., STEENGE A.E., and VAN DER VEEN A. (2004) On direct estimation of initial

damage in the case of a major catastrophe: derivation of the "basic equation". *Disaster Prevention and Management* 13.

BOGARD C.W. (1988) Bringing Social Theory to Hazards Research: Conditions and Consequences of the Mitigation of Environmental Hazards. *Sociological Perspectives* 31, 147-168.

BOGARDI J. and BIRKMANN J. (2004) Vulnerability Assessment: The First Steop to Sustainable risk reduction. In *Disaster and Society - From Hazard Assessment to risk Reduction* (ed. MALZAHN D. and PLAPP T.), pp. 75-82. Logos Verlag Berlin, Berlin.

BOGARDI J.J. (2006) Introduction. In *Measuring vulnerability to Natural Hazards* (ed. BIRKMANN J.) United Nations University, New York. USA.

BOGARDI JJ. and BIRKMANN J. (2004) Vulnerability Assessment: The First Step Towards Sustainable Risk Reduction. MALZAHN, D. and PLAPP, T. *Disasters and society - From Hazard Assessment to Risk Reduction*. Universitat Karlsruhe.

BOHLE H.G., DOWNING T., and WATTS M. (1994) Climate change and social vulnerability: the sociology and geography of food insecurity. *Global Environmental Change* 4, 147-168.

BOLÒS, O. de 1996. "La Vegetació de les Illes Balears. Comunitat de Plantes". Institut d'Estudis Catalans. Barcelona.

BOLÓS, M. (1992): Manual de Ciencia del Paisaje. Masson, S.A., Barcelona.

BOLLIN C. and HIDAJAT R. (2006) Community -based risk index: Pilot implementation in Indonesia. In *Measuring Vulnerability to Natural Hazards. Towards disaster resilient societies* (ed. BIRKMANN J.), pp. 271-289. United Nations University Press, New York, USA.

BONACHEA PICO J. (2006). Desarrollo, aplicación y validación de procedimientos y modelos para la evaluación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo debidos a procesos geomorfológicos. Santander, Universidad de Cantabria.

BOSQUE SENDRA J., DIAZ CASTILLO C., and DIAZ MUÑOZ M.A.G.D.M.e.al. (2004) Propuesta metodológica para caracterizar las áreas expuestas a riesgos tecnológicos mediante SIG. Aplicación en la comunidad de Madrid. *GeoFocus* 4, 44-78.

BRAZIER A.M. and GREENWOOD R.L. (1998) Geographic information systems: a consistent approach to land use planning decisions around hazardous installations. *Journal of Hazardous Materials* 61, 355-361.

BRENNER GUILLERMO J. (2007). Valuation of ecosystem services in the Catalan coastal zone. 2007. Laboratori d'Enginyeria Marítima. Universitat Politècnica de Catalunya.

BRIGUGLIO, L. (1997). Alternative Economic Vulnerability Indices for Developing Countries. DESA, UN. Report prepared for the Expert Group on Vulnerability Index.

BROOKS N. (2003). Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework. 2003. Nortwich. UK, Tyndall Centre for Climate Change Research.

- BUJ A. (1997) .Los desastres naturales y la Geografía contemporánea. *Estudios Geográficos* 229, 545-564.
- BULL-KAMANGA L., DIAGNE K., LAVELL A., and LEON E.e.al. (2003) From everyday hazards to disasters: the accumulation of risk in urban areas. *Environment—Urbanization* 15, 193-203.
- BURBY R.J. and MAY P.J. (1999) Making building codes effective tool for earthquake hazard mitigation. *Environmental Hazards* 1, 27-37.
- BURBY R.J.Ed. (1998) Cooperating with Nature: Confronting Natural Hazards with Land Use Planning for Sustainable Communities. Joseph Henry Press, Washington D.C.
- BURTON I. , KATES R.W., and WHITE G.F. (1996) The Environment as Hazard. Guildford, New York.
- BUSCH-LUTY C. (1995) (Nachhaltige Entwicklung als Leitmodell einer ökologischen Ökonomie. In Nachhaltigkeit: in naturwissenschaftlicher und sozialwissenschaftlicher Perspektive (ed. FRITZ P., HUBER J., and LEVI H.) Stuttgart. Pp. 115-126
- CALVO GARCIA-TORNEL F. (1997) Algunas cuestiones sobre geografía de los riesgos. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales* 10, 1-7.
- CALVO GARCIA-TORNEL F. (2006) La investigación científica de los riesgos naturales y su transmisión pública. In Riesgos Naturales y Desarrollo Sostenible: impacto, predicción y mitigación (ed. AYALA CARCEDO F.J., OLCINA CANTOS J., LAÍN HUERTA L., and GONZÁLEZ JIMÉNEZ A.) Ministerio de Educación y Ciencia. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- CALVO GARCÍA-TORNEL F. (2000) Panorama de los estudios sobre riesgos naturales en la geografía española. *Boletín de la A.G.E.* nº.30, 21-35.
- CALVO GARCÍA-TORNEL F. (2006) Ordenación del territorio versus protección civil en la mitigación del riesgo natural. In Riesgos Naturales y Desarrollo Sostenible: impacto, predicción y mitigación (ed. AYALA CARCEDO F.J., OLCINA CANTOS J., LAÍN HUERTA L., and GONZÁLEZ JIMÉNEZ A.) Ministerio de Educación y Ciencia. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- CALVO GARCÍA-TORNEL F. (2001) Sociedades y territorios en riesgo. Ediciones Serval, Barcelona.
- CANNON T. (1994) Vulnerability Analysis and the Explanation of "Natural" Disasters. In Disasters, Development and Environment (ed. A. Varley) John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- CARDONA O.D. (1993) Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. Elementos para el Ordenamiento y la Planeación del Desarrollo. In Los desastres no son naturales (ed. MASKEY A.), pp. 11-44. La Red. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en America Latina, publicación digital.
- CARDONA O.D. (2003). La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. "Una crítica y una revisión necesaria para la gestión" . http://www.desenredando.org/public/articulos/2003/rmhcvr/rmhcvr_may-08-2003.pdf [Consultado:

15.05.2009].

CARDONA O.D. and BARBAT A.H. (2000) El Riesgo Sísmico y su Prevención. Cuaderno Técnico 5. Calidad Siderúrgica, Madrid.

CARDONA O.D.e.al. (2003). La Noción del Riesgo desde la Perspectiva de los Desastres. Marco Conceptual para su Gestión Integral. BID. IDEA. Indicadores para la Gestión de Riesgos. Manizales. Colombia, BID. IDEA.

CARDONA O.D. (2007) Indicadores de riesgo de desastre y gestión de riesgo: programa para América Latina y el Caribe; informe resumido. Banco Interamericano de Desarrollo. Departamento de Desarrollo Sostenible. División de Medio Ambiente , Washington, D.C.

CARDONA O.D. (2005). Midiendo lo inmedible. Indicadores de Vulnerabilidad y Riesgo. <http://www.desenredando.org> . [Consultado:18.05.2008].

CARRARA A., CARDINALI M.G.F., and REICHENBACH P. (1995) GIS Technology in mapping landslide hazard. In Geographical information systems in assessing natural hazards. (ed. CARRARA A. and GUZZETTI F.) Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

CARRARA A. and GUZZETTI F. (1995) Geographical information systems in assessing natural hazards. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

CARRARA A., GUZZETTI F., and CARDINALI M. (1999) Use of GIS Technology in the Prediction and Monitoring of Landslide Hazard. *Natural Hazards* 117-135.

CARREÑO M.L., CARDONA O.D., and BARBAT A.H. (2004) Metodología para la evaluación del desempeño de la gestión del riesgo. Monografía CIMNE IS-51. Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona.

CEPAL (2003) Manual para la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los Desastres. Comisión Económica para América Latina y Caribe.

CHAMBERS R. (2006) Vulnerability, Coping and Policy . *Institute of Development Studies (IDS) Bulletin. Antology* 37.

CHARDON A.-C. (1999) A geographic approach of the global vulnerability in urban area: case of Manizales, Colombian Andes. *Geojournas* 49, 197-212.

CHAU K.T., SZE Y.L., FUNG M.K., WONG W.Y., FONG E.L., and CHAN L.C.P. (2004) Landslide hazard analysis for Hong Kong using landslide inventory and GIS. *Computers & Geosciences* 429-443.

CHEN K., BLONG R., and JACOBSON C. (2003) Towards an Integrated Approach to Natural Hazards Risk Assessment Using GIS: With Reference to Bushfires. *Environmental Management* 31, 546-560.

CHEN K., MCANENEY J., BLONG R., LEIGH R., HUNTER L., and MAGILL c. (2004) Defining area at risk and its effect in catastrophe loss estimation: a asymmetric mapping approach. *Applied*

Geography 24, 97-117.

CHEN K., BLONG R., and JACOBSON C. (2001) MCE-RISK: integrating multicriteria evaluation and GIS for risk decision-making in natural hazards. *Environmental Modelling & Software* 16, 387-397.

CHEN Q.-F., CHEN Y.L.J., and CHEN L. (1997) Quick and Approximate Estimation of Earthquake Loss Based on Macroscopic Index of Exposure and Population Distribution. *Natural Hazards* 217-229. Notes: si

CHESTER D.K., DIBBEN C.J.L., and DUNCAN A.M. (2002) Volcanic hazard assessment in western Europe. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 115, 411-435.

CHEVALIER, S., CHOINIERE, R., and BERNIER, L. et al. (1992). User Guide to 40 Community Health Indicators. Ottawa, Canada, Community Health Division. Health and welfare Canada.

CLARK K.M. (2002) The Use of Computer Modeling in Estimating and Managing Future Catastrophe Losses. *The Geneva Papers on Risk and Insurance* 27, 1-14.

CLARK W.C., JAGER J., and CORELL R.e.al. (2000). Assessing Vulnerability to Global Environmental Risks. Report of the Workshop on Vulnerability to Global Environmental Change: Challenges for Research, Assessment and Decision Making. Cambridge, MA., Belfer Center for Science and International Affairs.

COBURN, A. W., SPENCE, R. J. S., and POMONIS, A. (1994). Vulnerability and Risk Assessment Guide. Cambridge, UK, UNDP, DHA.

COCHRANE H. (2003) Economic Loss: Myth and Measurement. In In search of a common methodology of damage estimation. Workshop Proceedings (ed. VAN DER VEEN A., VETERE ARELLANO A.L., and NORDVIK J.-P.) European communities, Italy.

COLOM CASASNOVAS, G. (1964). El medio y la vida en las islas Baleares. Graficas Miramar.

COMFORT, L.; WISNER, B.; CUTTER, S.; PULWARTY, R.; HEWITT, K.; OLIVER-SMITH, A.; WIENER, J.; FORDHAM, M.; PEACOCK, W.; KRIMGOLD, F. (1999). Reframing disaster policy: the global evolution of vulnerable communities. *Environmental Hazards*. Vol. 1. Pp. 39-44.

CONSELL DE MALLORCA, 2004. Pla Territorial de Mallorca. <http://www.conselldemallorca.cat/platerritorial/> [consultado 10.05.208].

CORINE LAND COVER (1990-2000). European Environmental Agency <http://dataservice.eea.europa.eu/dataservice/metadetails.asp?id=571> [consultado 18.12.2009)].

COPPOCK J.T. (1995) GIS and Natural Hazards: An overview from GIS perspective. In Geographical information systems in assessing natural hazards. (ed. CARRARA A. and GUZZETTI F.), pp. 21-34. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

COPUS, A. K. (2001). From Core-periphery to Polycentric Development: Concepts of Spatial and Aspatial Peripherality. *European Planning Studies*. Routledge. Taylor&Francis Group. 9(4):539-552.

- CORINE LAND COVER project.(2000). <http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover> [Consulta 20.05.2008].
- CORSANEGO A. and PETRINI V. (1994) Evaluation of criteria of seismic vulnerability of the existing building patrimony on the national territory. *Seismic Engineering* 76-106.
- COVA T.J. (1999) GIS in emergency management . In Geographical Information Systems: principles, techniques, applications, and management (ed. GOODCHILD D.J., MAGUIRE D.J., and RHIND D.W.) John Wiley & Sons, New York.
- CRAIG W.J., HARRIS T.M., and WEINER D. (2002) Community Participation and Geographic Information Systes. Taylor&Francis, London.
- CRICHTON D. (1999) The risk triangle. In Natural Disaster Management (ed. J. Ingleton) Tudor Rose, London.
- CRICHTON D. (2008) Role of Insurance in Reducing Flood Risk. *The Geneva Papers* 33, 117-132.
- CROMPVOETS j.R.A., BREGT A., and WILLIAMSON I. (2004) Assessing the world wide developments of national spatial data clearinghouses. *International Journal of GIS* 18, 1-25.
- CROSSLAND M.D., WYNNE B.E., and PERKINS W.C. (1995) Spatial decision support systems: An overview of technology a test of efficacy. *Decision Support Systems* 219-235.
- CRUDEN D.M. and VARNES D.J. (1996) Landslides types and processes. In Landslides. Investigation and mitigation, Transportation Research Board Speical Report 247 (ed. TURNER C. and SCHUSTER L.), pp. 36-75. National Academy Press, Washington D.C.
- CUERDA BARCELÓ, J. (1975). Los tiempos cuaternarios en Baleares. Instituto de Estudios Baleáricos. Palma de Mallorca
- CUNY F.C. (1983) Disaster and prevention. Oxford University Press, New York.
- CUTTER L.S., BORUFF B.J., and SHIRLEY W.L. (2003) Social Vulnerability to Environmental Hazards. *Social Science Quaterly* 84.
- CUTTER S. (1993) Living with risk. Edward Arnold, London.
- CUTTER S.L. (2003) GI Science, Disasters, and Emergency Management. *Transactions in GIS* 7, 439-445.
- CUTTER S.L. (1985) Rating Places: A geographer's View on Quality of Life. Association of American Geographers, Washington D.C.
- CUTTER S.L. (1996) Vulnerability to environmental hazards. *Progress in Human Geography* 20, 229-239.
- CUTTER S.L., MITCHELL J.T., and SCOTT M.S. (2000) Revealing the vulnerability of people and peaces: A case study of Georgetown County, South Carolina. *Annals of the Association of Americal Geographers* 90, pp. 713-737.

- CUTTER S.L. (2003) The Vulnerability of Science and the Science of Vulnerability. *Annals of the Association of American Geographers* 93, 1-12.
- D'ERCOLE R. (1994) Les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés: concepts, typologie, modes d'analyse. *Revue de Géographie Alpine* Tome LXXXII, 86-96.
- D'ERCOLE R. and METZGER P. (2002) Los lugares esenciales del Distrito Metropolitano de Quito. Colección Quito Metropolitano, MDMQ-IRD, Quito, Ecuador.
- D'ERCOLE R. and PIGEON P. (1999) L'expertise internationale des risques dits naturels: intérêts géographiques. *Annales de géographie* 608.
- D'ERCOLE R. and METZGER (2004) La vulnerabilidad del distrito metropolitano de Quito. Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. Institut de Recherche pour le Developpement (IRD), Quito, Ecuador.
- DAI F.C. , LEE C.F., and NGAI Y.Y. (2002) Landslide risk assessment and management: an overview. *Engineering Geology* 64, 65-87.
- DAI F.C., LEE C.F., and ZHANG X.H. (2001) GIS-based geo-environmental evaluation for urban land-use planning: a case study. *Engineering Geology* 61, 257-271.
- DAVIDSON R. (1997) . An Urban Earthquake Disaster Risk Index. Departament of Civil Engineering. Stanford University. USA. California.
- DAVIS, I., HAGHEBAERT, B., and PEPPIATT, D. (2004). Social Vulnerability and Capacity Analysis Workshop. Geneva, Provention Consortium. Provention Project: Tools for Community Risk assessment & Action Planning.
- DE LA VILLE N., CHUMACEIRO DIAZ A., and RAMINEZ D. (2002) Remote sensing and GIS Technologies as tools to support sustainable management of areas devastated by landslides. *Environment, Development and Sustainability* 4, 221-229.
- DEL MORAL ITUARTE L. and PITA LÓPEZ M.F. (2002) El papel de los riesgos en las sociedades contemporáneas. In Riesgos Naturales (ed. AYALA-CARCEDO F.J. and OLCINA CANTOS J.), pp. 75-86. ARIEL, Barcelona.
- DENSHAM P.J. (1991) Spatial decision support system. In Geographical Information Systems: Principle and Applications (ed. Maguire D.J., Goodchild M.F., and Rhind D.W.), pp. 403-412. John Wiley and Sons, New York.
- DEPABLO I. (1989) El reto informático. La gestión de la información en la empresa. Pirámide, Madrid.
- DIAZ MUÑOZ M.A. and DIAZ CATILLO C. (2002) El análisis de la vulnerabilidad en la cartografía de riesgos tecnológicos. Algunas cuestiones conceptuales y metodológicas. *Serie Geográfica* 10, 27-41.
- DIEZ HERRERO A. (2002) Aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica al análisis del

riesgo de inundaciones fluviales. In Los Sistemas de Información Geográfica en la Gestión de los Riesgos Geológicos y el Medio Ambiente (ed. LAÍN HUERTA L.) Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.

DILLEY M., CHEN R.S., DEICHMANN U., LERNER-LAM A.L., and ARNOLD M. (2005) Natural Disaster Hotspots. A Global Risk Analysis. World Bank.

DIRECTORATE GENERAL OF HUMAN SETTLEMENT. MINISTRY OF PUBLIC WORKS. (2005). Post Disaster Damage Assessment in Nanggroe Aceh Darussalam. JAPAN, Govern of JAPAN.

DIRECTORATE GENERAL OF HUMAN SETTLEMENT. MINISTRY OF PUBLIC WORKS. INDONESIA. (2005). Post Disaster Damage Assessment in Nanggroe Aceh Darussalam. UMUM. Indonesia.

DOLCE M. , KAPPOS A., MASI A., PENELIS G., and VONA M. (2006) Vulnerability assessment and earthquake damage scenarios fo the building stock of Potenza (Southern Italy) using Italian and Greek methodologies. *Engineering Structures* 28.

DOSI C. (2001) Environmental values, valuation methods, and natural disaster damage assessment, pp. 62. CEPAL. Naciones Unidas., Santiago, Chile.

DOWN K. (1992) Exploring Differences in Our Common Future(s): The Meaning of Vulnerability to Global Environmental Change. *Geoforum* 23, 417-436.

DOWNTON M.W., ROGER A., and PIELKE J.R. (2005) How Accurate are Disaster Loss Data? The Case of U.S. Flood Damage. *Natural Hazards* 35, 211-228.

DOWRICK D.J. (1996) The Modified Mercalli Intensity Scale. Revisions arising from Recent studies of New Zealand Earthquakes. *Bulletin of the New Zealand national Society for Earthquake Engineering* 29, 92-106.

DUNCAN O.D. (1969) Towards Social Reporting: New Steps. Rusell Sage Foundation, New York.

DWYER A. , ZOPPOU C., NIELSEN O., DAY S., and ROBERTS S. (2004) Quantifying social vulnerability: A methodology for identifying those at risk to natural hazards. *Geoscience Australia Record* 2004/14.

EEA - European Environmental Agency (2003) Mapping the impacts of recent natural disasters and technological accedents in Europe. Environmnental issue report No.35. European Environmental Agency, Cohopehagen.

EIRD-ONU (2005) Invertir para prevenir el desastre. Secretaria Interagencial de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de la ONU (EIRD-ONU).

EISNER R.K. (2005) Planning for Tsunami: Reducing Future Losses Through Mitigation. *Natural Hazards* 35, 155-162.

EMA (2002) Disaster Loss Assessment Guidelines. State of Queensland and Commonwealth of

Australia.

EMA (2002) Economic and Financial Aspects of Disaster Recovery. State of Queensland and Commonwealth of Australia.

ERTUGAY K. and DUZGUN S. (2006). Integrating Physical Accessibility of emergency Establishments into earthquake Risk assessment. In 2006 ECI Conference on Geohazards (ed. NADIM F., POTTIER R., and EINSTEIN H.e.al.)

ESKELINEN, H. (2005) What is a Periphery ? - A Nordic View. International Summer School on European Peripheries.

ESPEJO C. and CALVO F. (2004) Bibliografía sobre riesgos con origen en procesos naturales publicada en España (1975-2002). *Biblio3W. revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales* VIII.

ESPON. (2004). European Spatial Planning Observation Network. Diversity within the European territory. A selection of new European maps. ESPON.

ESRI. (2000). Challenges for GIS in emergency Preparedness and Response. Redlands, CA, ESRI.

EUROPEAN COMMISSION. (1999). ESDP. European Spatial Development Perspective. Towards Balanced and Sustainable Development of the Territory of the European Union. Italy: European Communities; 1999.

EZELL B.C. (2007) Infrastructure Vulnerability Assessment Model (I-VAM). *Risk Analysis* 27, 571-583.

FARINA, A. 1998. Principles and Methods in Landscape Ecology. Chapman & Hall. London.

Federal Emergency Management Agency (FEMA) (1994) Assessment of the state-of -the-art earthquake loss estimation methodologies. FEMA 249, Washington, DC, USA.

FEMA (2003) Multi-hazard Loss Estimation Methodology. Flood Model. Hurricane Model. HAZUS. Technical Manual. Federal Emergency Management Agency.

FEMA. (2003). Reference Manual to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings. 2003.

FEMA. (1991) Seismic Vulnerability and Impact of Disruption of Lifelines in the Conterminous United States. USA, Federal Emergency Management Agency.

FERNANDEZ GARRIDO, M.I. (2006). Los riesgos naturales en España y en la Unión Europea: incidencia y estrategias de actuación. Tesis Doctoral. Universidad de Cantabria.

FERRIER N. and EMDAD HAQUE C. (2003) Hazard Risk Assessment Methodology for Emergency Managers: a Standardized Framework for Application. *Natural hazards* 271-290.

FINDLAY A.M. (2005) Vulnerable Spatialities. *Population, Space and Place* 11.

FINLAY P.J. The risk assessment of slopes. 1996. PhD thesis, School of Civil Engineering. University

of New South Wales.

FIORUCCI P., GAETAINI F., MINCIARDI R., and TRASFORINI E. (2002) A DSS for the evaluation of the consequences of natural hazards on a complex territorial system. *IEMSS 2002. Integrated Assessment and Decision Support*. Volume I.

FISCHER III H.W., SCHARNBERGER C.K., and GEIGER J.C. (1996) Reducing seismic vulnerability in low to moderate risk areas. *Disaster Prevention and Management* 4, 5-18.

FITZNER B., HEINRICH K., and BOUCHARDIERE D. (2002). Damage index for stone monuments. Proceedings of the 5th International Symposium on the conservation of Monuments in the Mediterranean Basin. Sevilla. Spain., Swets & Zitlinger. The Netherlands.

FLEISCHHAUER M., GREIVING S., and WANCZURA S. (2007) Planificación Territorial para la Gestión de Riesgos en Europa. *Boletín de la A.G.E.* 45, 49-78.

FORMAN R. y GORDON M. 1986. Landscape Ecology. John Wiley and Sons, New York.

FORNÓS, J.J. (ed.) (1998) Aspectes geològics de les Balears. Palma, Universitat de les Illes Balears.

FOX B.J. Y FOX, M.D. (1986). Resilience of animal and plant communities to human disturbance. En Resilience in Mediterranean-type Ecosystems (eds. Dell, B., Hopkins, A.J.M. y Lamont, B.B.), pp. 39-64. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, Netherlands.

FUCHS S. , HEISS K., and HÜBL J. (2007) Towards an empirical vulnerability function for use in debris flow risk assessment. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 7, 495-506.

FUSSEL H.M. and KLEIN R.J.T. (2006) Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking. *Climate Change* 75, 301-329.

GABOR T. and GRIFFITH T. (1980) The assessment of community vulnerability to acute hazardous materials incidents. *Journal of Hazardous Materials* 3, 323-333.

GALLOPIN G.C. (1996) Environmental and sustainability indicators and the concept of situational indicators. A system approach. *Environmental Modelling & Assessment* 1.

GALLOPIN G.C. (1997) Indicators and Their Use: Information for Decision-making. In Sustainable Indicators: Report of the project on Indicators of Sustainable Development. Scope 58 (ed. MOLDAN B. and BILLHARZ S.), pp. 13-27. John Wiley & Sons, Chichester and New York.

GAO J., NICKUM J.E., and PAN Y. (2007) An assessment of flood hazard vulnerability in the Dongting Lake Region of China. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* 12.

GELABERT FERRER, B. (1996). L'ESTRUCTURA GEOLOGICA DE LA MEITAT OCCIDENTAL DE L'ILLA DE MALLORCA. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.

GENELETTI D. (2004) A GIS-based decision support system to identify nature conservation priorities in an alpine valley. *Land Use Policy* 149-160.

GIMÉNEZ, J., GELABERT, B. Y SÀBAT, F, (2007). El Relieve de las Islas Baleares. . Enseñanza de

las Ciencias de la Tierra, 2007 (15.2) 175-184

GITIS V.G. (1995) GIS Technology fo the design of computer-based models in seismic hazard assessment. In Geographical information systems in assessing natural hazards. (ed. CARRARA A. and GUZZETTI F.) Kluwer Academic Publishers, Dorcrecht.

GOMEZ DELGADO M. and BOSQUE SENDRA J. (2004) Aplicacion de análisis de incertidumbre como método de validación y control del riesgo en la toma de decisiones. *GeoFocus* 4, 179-208.

GONZALEZ BERNÁLDEZ, F. (1981): Ecología y paisaje. Editorial Blume, Barcelona.

GOVERN BALEAR. Conselleria de Turisme (1987). Llibre blanc del turismo a les Balears. 2 vols. Palma de Mallorca.

GOVERN BALEAR. Conselleria de Cultura, Educació i Esports. (1995). Atles de les Illes Balears. Edicions Cort.

GOVERN BALEAR (1997). Anàlisi I Dianòstic. DOT. Directrius d'Ordenació Territorial. Cap a un desenvolupament sostenible del territori. Conselleria de Medi Ambient, Ordenació del Territori i Litoral. Govern Balear. Palma.

GOVERN DE LES ILLES BALEARS. (2000). Plan Director Sectorial de la Oferta Turística (POOT). Decreto 54/95 de 6 de abril y publicado en el BOCAIB 79 de 22 de junio de 1995, sustituida por la Ley 14/2000 del mismo título.

GOVERN DE LES ILLES BALEARS (Normativa básica riesgos territoriales):

Orden del Consejero de Interior de 20 de diciembre de 2006 mediante la que se regula la estructura y organización del registro de planes de protección civil (Boletín Oficial de las Islas Baleares numero 5 de 9 de enero de 2007)

Plan especial ante fenómenos meteorológicos adversos (FMA) aprobado por el Decreto 106/2006, de la Consejería de Interior de las Islas Baleares de 15 de diciembre de 2006 (Gobierno de las Islas Baleares)

Ley 3/2006 de 30 de marzo, de gestión de emergencias de las Islas Baleares (Boletín oficial de las Islas Baleares Num. 50 de 6 de abril de 2006)

Decreto 39/2005, de 22 de abril, de Islas Baleares, por el que se aprueba el plan especial frente al riesgo sísmico (GEOBAL) (Boletín Oficial de las Islas Baleares numero 149 de 7 de octubre de 2005)

Decreto 40/2005, de 22 de abril, de Islas Baleares por el que se aprueba el plan especial frente al riesgo de inundaciones (INUNBAL) (Boletín Oficial de Islas Baleares de 23 de septiembre de 2005)

Acuerdo del pleno de la Comisión de Emergencias y Protección de las Islas Baleares por el cual se homologa la modificación del plan territorial de protección civil de la isla de Menorca (Boletín Oficial de las Islas Baleares numero 158 de 9 de noviembre de 2004)

Decreto 8/2004, de 23 de enero, por el que se desarrollan determinados aspectos de la Ley de Ordenación de Emergencias en las Islas Baleares (Boletín Oficial de las Islas Baleares de 5 de febrero de 2004)

Plan especial de riesgo de accidente de transporte terrestre de mercancías peligrosas (MERPEBAL) (Boletín Oficial de las Islas Baleares de 14 de octubre de 2003)

Decreto 44/2003, de 2 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de voluntarios de Protección Civil de las Islas Baleares (Boletín Oficial de las Islas Baleares de 10 de mayo de 2003)

Orden de la Consejería de Interior y de Medio Ambiente, de las Islas Baleares por la que se delega en el Director General de Biodiversidad de la Consejería de Medio Ambiente la coordinación de las actuaciones necesarias para combatir los incendios forestales en las Islas Baleares (Boletín Oficial de las Islas Baleares de 26 de septiembre de 2000)

Instrucción 3/2007 de 21 de diciembre de la Conselleria de Economía, Hacienda e Innovación del Gobierno de las Islas Baleares

Llei 1/1991, de 30 de gener, d'Espais Naturals i de Règim Urbanístic de les Àrees d'Especial Protecció de les Illes Balears.

Llei 1/2000 de 9 de març de 2000, de Modificació de la Llei 1/1991, de 30 de gener, d'espais naturals, er la qual s'amplia l'àmbit d'algunes àrees d'especial protecció

Llei 5/2005 de 26 de Maig per a la Conservació dels espais de rellevància ambiental (LECO). Publicada al BOIB núm. 85 del 4-06-05

GRANGER K., JONES T., and SCOTT G. (1999) Community Risk in Cairns: a multi-hazard risk assessment. Technical report. Geoscience Australia. Commonwealth Govern of Australia. Canberra, Australia.

GREEN C. (2003) Evaluating vulnerability and resilience in flood management. In In search of a common methodology of damage estimation. Workshop Proceedings (ed. VAN DER VEEN A., VETERE ARELLANO A.L., and NORDVIK J.-P.), pp. 19-52. European communities, Italy.

GREEN III, W. G. and MCGINNIS, S. R. (2002). Thoughts on the higher order taxonomy of disasters. Notes on the Science of Extreme Situations. Paper No.7

GRIMALT GELABERT M. (1992) Geografia del Risc a Mallorca. Les Inundacions. Institut d'Estudis Balearics, Palma.

GRIMALT GELABERT, M. (1998). Precipitación. Temperaturas. Red Fluviotorrencial. In Atles de les Illes Balears. Govern de les Illes Balears.

GRIMSHAW D.J. (1994) Bringing Geographical Information Systems into Business. Longman, Harlow, UK.

GUHA-SAPIR D. and HARGITT P.H. (2004). Thirty Years of Natural Disasters, 1974-2003: The Numbers. Centre for Research on Epidemiology of Disasters. Brussels .

GUNES A.E. and KOVEL J.P. (2000) Using GIS in Emergency Management Operations. *Journal of Urban Planning and Development* September, 136-149.

GÓMEZ FERNÁNDEZ F. (2002) VRAIS: Un prototipo de sistema de información para la gestión y mitigación de las catástrofes volcánicas. In Los Sistemas de Información Geográfica en la Gestión de los Riesgos Geológicos y el Medio Ambiente (ed. LAÍN HUERTA L.) Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.

HAHN H. (2003) Indicators and Other Instruments for Local Risk Management for Communities and Local Governments. German Technical Cooperation Agency, GTC.

HAMMOND, A., ADRIAANSE, A., RODENBURG, E., BRYANT, D., and WOODWARD, R. (1995). Environmental Indicators: A systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development. Washington D.C., World Resources Institute.

HANDMER J. (2003) We are all vulnerable. *The Australian Journal of Emergency Management* 18, 55-60.

HAPPY D. (2004) Consultation report on Improving Risk Management in preparation for the IST Work Programme 2005-2006. European Commission. Directorate General "Information Society", Bruselas.

HAUSMANN P. and PERILLS C. (1999) Inundaciones, ¿ un riesgo asegurable ? Swiss Re Publishing, Zurich.

HEARN MORROW B. (1999) Identify and Mapping Community Vulnerability. *Disasters* 23, 1-18.

HEIN P.L. (1990) Economic problems and prospects of small inslands. In Sustainable Development and Environmental Management of Small Islands. (ed. BELLER W., D'AYALA P., and HEIN P.), pp. 35-44. The Parthenon Publishing Group, Paris, France.

HEINZ CENTER FOR SCIENCE ECONOMICS AND ENVIRONMENT (2002) The Hidden Costs of Coastal Hazards: Implications for Risk Assessment and Mitigation. Island Press, Covello, California.

HENGJIAN L., KOHIYAMA M., HORIE K., and et al. (2003) Building Damage and Casualties after an Earthquake. *Natural Hazards* 29, 287-403.

HEROLD S., SAWADA M., and WELLAR B. (2005) Integrating Geographic Information Systems, Spatial Databases and the Internet: A Framework for Disaster Management. *Proceeding of the 98th Annual Canadian Institute of Geomatics Conference*.

HEWITT K. (1997) Daños ocultos y riesgos encubiertos: haciendo visible el espacio social de los desastres. La Red, La Red.

HEWITT K. (1995) Excluded Perspectives in the Social Construction of Disaster. *International*

Journal of Mass Emergencies and Disasters 13, 317-339.

HIBBELER, R. C. (2005). Mechanics of materials, sixth edition. Prentice Hall.

HOFFMAN S. (2003). The hidden victims of disaster. *Environmental Hazards* 5, 67-70.

HOGAN J.D. and MARANDOLA E. (2005) Towards an Interdisciplinary Conceptualisation of Vulnerability. *Population, Space and Time* 11, 455-471.

HOLLING C.S. (1978) Adaptive Environmental Assessment and Management. John Wiley & Sons, Chichester.

HOUSNER G.W. (1989) An international decade of natural disaster reduction: 1990-2000. *Natural Hazards* 2, 45-75.

HUNTER L. (1998) GIS and Natural Hazard Loss Assessment. *Proceedings 10th Colloquium of the Spatial Information Research Centre. University of Otago. New Zealand.* 147-152.

ILMAVIRTA A. (1995) The use of GIS in catastrophe and emergency management in Finnish municipalities. *Comput., Environ. and Urban Systems* 19, 171-178.

ISDR and WORLD BANK. (2007). South Eastern Europe Disaster Risk Mitigation and Adaptation Initiative. 2007. Geneva, United Nations.

ISDR. Naciones Unidas (2004). Vivir con el Riesgo. Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres. Naciones Unidas, Ginebra. Suiza.

JAISWAL R.K., MUKHERJEE S., RAJU K.D., and SAXENA R. (2002) Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 4, 1-10.

JANKOWSKI P. (1995). Integrating geographical information systems and multiple criteria decision-making methods. *International Journal of Geographical Information Systems* 9, 251-273.

JANKOWSKI P. and NYERGES T. (2003) Toward a Framework for Research on Geographic Information-Supported Participatory Decision Making. In Access and Participatory Approaches in Using Geographic Information. Volume I., Vol. 15 Urban and Regional Information Systems Association.

JANSSEN M.A. (2006) Resilience, vulnerability, and adaptation: A cross-cutting theme of the International Human Dimension Programme on Global Environmental Change. *Global Environmental Change* 16, 237-239.

JANSSEN M.A., SCHOON M.L., KE W., and BORNER K. (2006) Scholarly networks on resilience, vulnerability and adaptation within the human dimension of global environmental change. *Global Environmental Change* 16, 240-252.

JARUPATHIRUM S. and ZAHEDI F.M. (2005) Exploring the influence of perceptual factors in the success of web-based spatial DSS. *Decision Support Systems* pending.

JEFFERY S.E. (1982) The Creation of Vulnerability to Natural Disaster: Case Studies from the

Dominican Republic. *Disasters* 6, 38-43.

JENELIUS. E., PETERSEN T., and MATTSSON L. (2006) Importance and exposure in road network vulnerability analysis. *Transportation Research Part A*. 40, 537-560.

JULIAN ANDRES A., PEÑA MONNE J.L., CHUECA CIA J., ZABALZA MARTÍNEZ J., LAPEÑA LAIGLESIA A., and LOPEZ MORENO I. (2000) Cartografía de zonas probables de aludes en el pirineo aragonés: metodología y resultados. *Boletín de la A.G.E.* 30, 199-134.

KAISER R., SPIEGEL P.B., HENDERSON A.K., and GERBER M. (2003) The application of Geographic Information Systems and Global Positioning Systems in Humanitarian Emergencies: Lessons Learned, Programme Implications and Future Research. *Disasters* 27, 127-140.

KALY, U. L., PRATT, C. R., and MITCHELL, J. (2004). The Demonstration Environmental Vulnerability Index (EVI). SOPAC Technical Report 384.

KALY U., PRATT C., and MITCHELL J. (2004) The Demonstration Environmental Vulnerability Index. (EVI) 2004. SOPAC Technical Report 384.

KASPERSON J.X., KASPERSON R.E., and TURNER B.L. (1995) Region at Risk: Comparisons of Threatened Environments. United Nations University Press, Tokyo.

KASPERSON R.E. and KASPERSON J.X. (1996) The social amplification and attenuation of risk. *Annals of the American Academy of Political and Social Sciences* 545, 95-105.

KATES R. KATES, R., AUSUBEL, J., and BERBERIAN, M. (1985). Climate impact assessment. New York, Wiley.

KATES R.W., HOHENEMSER C. AND J.X. KASPERSON (Eds.). 1985. Perilous progress: Managing the hazards of technology. Westview Press.

KAUAHIKAUA J., MARGRITER S., and MOORE R.B. (1995) GIS-Aided volcanic activity hazard analysis for the Hawaii Geothermal Project Environmental Impact Statement. In Geographical information systems in assessing natural hazards. (ed. CARRARA A. and GUZZETTI F.), pp. 235-257. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

KEELEY, J.E. (1986). Resilience of Mediterranean shrub communities to fires. En Resilience in Mediterranean-type Ecosystems (eds. Dell, B., Hopkins, A.J.M. y Lamont, B.B.), pp. 95-112. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, Netherlands.

KEILER M. (2004) Development of damage potential resulting from avalanche risk in the period 1950-2000, case study Galtür. *Natural Hazards and Earth Systems Sciences* 4, 249-256.

KHANDURI A.C. and MORROW G.C. (2003) Vulnerability of buildings to windstorms and insurance loss estimation. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 91, 455-467.

KING D.J., OLTHOF I., and et al. (2005) Modelling and Mapping Damage to Forest from Ice Storm Using Remote Sensing and Environmental Data. *Natural Hazards* 35.

KRAUSMANN E. and MUSHTAQ F. (2006) A methodology for learning lessons. Experiences at the

European Level. In *Measuring Vulnerability to Natural Hazards. Towards disaster resilient societies* (ed. BIRKMANN J.), pp. 415-431. United Nations University Press, New York, USA.

KRUGMAN, P. (1991) Increasing returns and economic geography. *Journal of Political Economy*, 99:483-499.

KUZNETS, S. (1955). Economic Growth and Income Inequality. *American Economic Review* 65, 1-28.

KUMPULAINEN S. (2006). Vulnerability concepts in hazard and risk assessment. SCHMIDT-THOME, P. Natural and Technological Hazards and Risks Affecting the Spatial Development of European Regions. Finland, Geological Survey of Finland. ESPOO.

KVAERNER J., SWENSEN G., and ERIKSTAD L. (2006) Assessing environmental vulnerability in EIA. The content and context of the vulnerability concept in an alternative approach to standard EIA procedure. *Environmental Impact Assessment Review* 26.

LAN H.X., ZHOU C.H., WANG L.J., ZHANG H.Y., and LI R.H. (2004) Landslide hazard spatial analysis and prediction using GIS in the Xiaojiang watershed, Yunnan, China. *Engineering Geology* 109-128.

LAND K.C. and SPILERMAN S. (1975) *Social Indicator Models*. Rusell Sage Foundation, New York.

LANGAAS S. (1997) The spatial dimension of indicators of sustainable development: the role of geographic information systems and cartography. In *Sustainable Indicators: Report of the project on Indicators of Sustainable Development*. Scope 58 (ed. MOLDAN B. and BILLHARZ S.), pp. 33-39. John Wiley & Sons, Chichester and New York.

LANZA L. and SICCARDI F. (1995) The Role of GIS as Tool for the Assessment of Flood Hazard at the Regional Scale. In *Geographical information systems in assessing natural hazards*. (ed. CARRARA A. and GUZZETTI F.) Kluwer Academic Publishers, Dorcrecht.

LAVELL, A. (2003) *La gestión local del riesgo: nociones y precisiones en torno al concepto y la práctica*. Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en America Central (CEPREDENAC), PNUD.

LAVELL A. (1997) *Viviendo el Riesgo. Comunidades vulnerables y prevención de desastres en America Latina*. La Red. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en America Latina.

LAÍN HUERTA L. (2002) *Los Sistemas de Información Geográfica en la Gestión de los Riesgos Geológicos y el Medio Ambiente*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.

LEONE F. , ASTE J.P., and LEROI E. (1996) Vulnerability assessment of elements exposed to mass-moving: working toward a better risk perception. In *Landslides* (ed. SENNESET K.), Vol. 263-269 Balkema, Rotterdam.

LEONE F. , ASTE J.P., and LEROI E. (1996) *L'évaluation de la vulnérabilité mouvements de terrain*.

Revue de géographie alpine 84, 35-46.

LI A., WANG A., LIANG S., and ZHOU W. (2006) Eco-environmental vulnerability evaluation in mountainous region using remote sensing and GIS. A case study in the upper reaches of Minjiang River, China. *Ecological Modelling* 192, 157187.

LI L., WANG J., and WANG C. (2005) Typhoon insurance pricing with spatial decision support tools. *International Journal of Geographical Information Science* 19, 363-384.

LUIS SALAS, J. et al. (2001) Projecte Arquiter. Col·legi Arquitectes de Balears / Consell de Mallorca. 2001.

LUIS SALAS, J.; MARTINEZ-TABERNER, A.; RIERA PINYA, M.; RUIZ PEREZ, M. (2007). Una ordenació territorial des del paisatge. Quaderns d'arquitectura i urbanismo, nº 254. Col·legi d'Arquitectes de Catalunya. Barcelona. Pp. 154-158.

LLUCH DUBON, F.D. (1997) Geografía de les Illes Balears. Ed. Lleonard Muntaner. Palma.

MACLAREN V.W. (1996) Urban Sustainability Reporting. *Journal of the American Planning Association* 62, 184-203.

MAKOKA, D. and KAPLAN, M. (2005). Poverty and Vulnerability - An Interdisciplinary Approach. 200. Bonn, Centre for Development Research. University of Bonn.

MALCZEWSKI. J (1996) A GIS-based approach to multiple criteria decision-making. *International Journal of Geographical Information Systems* 10, 955-971.

MALCZEWSKI J. (1999) Spatial multicriteria decision making. In Spatial Multicriteria Decision Making and Analysis: A Geographic Information Sciences Approach (ed. Thrill J.C.) Ashgate Publishing Company, Brookfield, VT.

MANSOURIAN A., RAJABIFARD A., VALADAN M.J., and WILLIAMSON I. (2004) Facilitating Disaster Management Using SDI. *Journal of Geospatial Engineering* 6.

MANSOURIAN A., RAJABIFARD A., VALADAN M.J., and WILLIAMSON I. Using SDI and web-based system to facilitate disaster management. *Computer & Geosciences*.

MARTIN CANTERA J. (2002) La respuesta humanitaria en caso de catástrofe. Preparación y prevención frente a catástrofes naturales en la práctica de las organizaciones internacionales. In Riesgos Naturales (ed. AYALA-CARCEDO F.J. and OLCINA CANTOS J.), pp. 1215-1226. ARIEL, Barcelona.

MASKEY A. (1993) Los desastres no son naturales. La Red. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en America Latina, publicación digital.

MASKREY A. (1997) Comunidad y desastres en America latina: Estrategias de Intervención. In Viviendo el Riesgo. Comunidades vulnerables y prevención de desastres en America Latina (ed. LAVELL A.), pp. 14-38. La Red. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en America Latina.

MASSER I. (2005). From Pharaohs to Geoinformatics. FIG Working Week 2005 and GSDI-8. Some Priorities for SDI Related Research. 2005. Cairo.

MATA OLMO, R.; SANZ HERRÁIZ, C. (2003): Atlas de los paisajes de España. Ministerio de Medio Ambiente, Centro de Publicaciones. Madrid.

MATEOS RUIZ, Rosa María (2006). *Los movimientos de ladera en la Serra de Tramuntana (Mallorca) caracterización geomecánica y análisis de peligrosidad*. . Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

MATTERA M., PEDRAZA GILSANZ J., CARRASCO GONZÁLEZ R.M., MARTÍN-DUQUE J.F., and SANZ ALONSO M.A. (2002) Evaluación del riesgo volcánico en la isla de Ischia (Italia) mediante el empleo de técnicas S.I.G. In Los Sistemas de Información Geográfica en la Gestión de los Riesgos Geológicos y el Medio Ambiente (ed. LAÍN HUERTA L.) Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.

McENTIRE D.A. (2005) Why vulnerability matters. Exploring the merit of an inclusive disaster reduction concept. *Disaster Prevention and Management* 14, 206-222.

McQUEEN D. and NOAK H. (1988) Health Promotion Indicators: Current status, issues and problems. *Health Promotion* 3, 117-125.

MECHLER R., HOCHRAINER S., LINNEROOTH-BAYER J., and PFLUG G. (2006) Public sector financial vulnerability to disasters: the IIASA CATSIM model. In Measuring Vulnerability to Natural Hazards. Towards disaster resilient societies (ed. BIRKMANN J.), pp. 55-77. United Nations University Press, New York, USA.

MERZ B. (2006). Hochwasserrisiken. Grenzen und Moeglichkeiten der Risikoabschaetzung. Schweizerbart'sche Verlagbuchhandlung, Stuttgart.

MESSNER, F. and MEYER, V. (2005) Flood damage, vulnerability and risk perception -challenges for flood damage research. Leipzig-Halle, Department of Economics. UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle.

METTERNICH G., HURNI L., and GOGU R. (2005). Remote sensing of landslides: An analysis of the potential contribution to geo-spatial systems for hazard assessment in mountainous environments. *Remote Sensing of Environment* 284-303.

MIMAM (2002) Tercer Inventario Forestal Nacional 1997-2006: Illes Balears. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

MINCIARDI R., SACILE R., TARAMASSO A.C., TRASFORINI E., and TRAVERSO S. (2006) Modeling the vulnerability of complex territorial systems: An application to hydrological risk. *Environmental Modelling & Software* 21, 949-960.

MINISTERIE VAN VERKEEN EN WATERSTAAT (2005) Flood Risk and safety in the Netherlands. Floris study. Ministerie van Verkeem en Waterstaat, Netherlands.

MOLDAN B. and BILLHARZ S. (1997) Sustainable Indicators: Report of the project on Indicators of

Sustainable Development. Scope 58. John Wiley & Sons, Chichester and New York.

MONTZ B.E. and GRUNTFEST E. (2002) Flash flood mitigation: recommendations for research and applications. *Environmental Hazards* 4, 15-22.

MOORE D.A. and CARPENTER T.E. (1999) Spatial Analytical Methods and Geographic Information Systems: Use in Health Research and Epidemiology. *Epidemiologic Reviews* 21, 143-161.

MUNICH RE GROUP (2008) Natural catastrophes 2007. Analysis, assessments, positions. Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, München.

MURAT V. , RIVERA A., POULIOT J., MIRANDA-SALAS M., and SAVARD M.M. (2004) Aquifer vulnerability mapping and GIS: A proposal to monitor uncertainty associated with spatial data processing. *Geofísica Internacional* 43, 551-565.

MURPHY B.e.al. (2005) Enhancing Local Level Emergency Management: The Influence of Disaster Experience and the Role of Households and Neighbourhoods. ICLR Research, Toronto.

MUSTAFA D. (2003) Reinforcing vulnerability? Disaster relief, recovery, and response to the 2001 flood in Rawalpindi, Pakistan. *Environmental Hazards* 71-82.

NACIONES UNIDAS. (2008). Aplicación de las Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres. Informe del Secretario General.

NACIONES UNIDAS. PNUD. (2004). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Un informe mundial. La reducción de riesgos de desastres. Un desafío para el desarrollo. New York.

NCGIA (1990) Core Curriculum. I. Introduction to GIS. II. Technical issues in GIS. III. Application Issues in GIS. National Center for Geographic Information and Analysis . University of California, Santa Barbara, California.

O'KEEFE W.K. and WISNER B. (1976) Taking the naturalness out of natural disasters. *Nature* 260, 566-567.

OHLMACHER G.C. and DAVIS J.C. (2003) Using multiple logistic regression and GIS technology to predict landslide hazard in northeast Kansas, USA. *Engineering Geology* 69, 331-343.

OKADA S. and TAKAI N. (1999) Classifications of structural types and damage patterns of buildings for earthquake field investigation. *Journal of Structural and Construction Engineering* 524.

OKUYAMA Y. (2003) Modelling spatial economic impacts of disasters: IO approaches. In In Search of a Common Methodology for Damage Estimation (ed. Van deer Veen et al.), pp. pp.113-136. Office for Official Publications of the European Communities, Brussels.

OLCINA CANTOS J. (2006) La ordenación del territorio en la mitigación de riesgos naturales en España: estudio de casos. In Riesgos Naturales y Desarrollo Sostenible: impacto, predicción y mitigación (ed. AYALA CARCEDO F.J., OLCINA CANTOS J., LAÍN HUERTA L., and GONZÁLEZ JIMÉNEZ A.) Ministerio de Educación y Ciencia. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.

OLCINA CANTOS J. (2002) Riesgos Naturales y Ordenación del Territorio. In Riesgos Naturales (ed. AYALA-CARCEDO F.J. and OLCINA CANTOS J.), pp. 1215-1226. ARIEL, Barcelona.

OOSTEROM P.v., ZLATANOVA S., and FENDEL E.M. (2005) Geo-information for Disaster Management. Springer, Delf. The Netherlands.

OPADEYI J., SHAHIBA A., and CHIN E. (2003) Status of Hazards Maps. Vulnerability Assessments and Digital Maps in the Caribbean. The Caribbean Disaster Emergency Response Agency (CDERA).

ORCHESTRA (2005). Executive Board. Towards an open disaster risk management service architecture for INSPIRE and GMES. European Commission.

OZISIK D. (2004). Post-earthquake Damage Assessment Using Satellite and Aerial Video Imagery. Enschede, The Netherlands, International Institute for Geo-Information Science and earth Observation.

PAHO (2003) Protecting New Health Facilities from Natural Disasters: Guidelines for the Promotion of Disaster Mitigation. PAHO/World Bank, Washington D.C.

PALACIOS ESTREMER, D.; DE MARCOS GARCÍA, J., (1996). La elaboración de la cartografía de riesgos geomorfológicos y su aplicación en áreas de alta montaña. Serie Geográfica. N°6. pp. 59-98.

PAPAMICHAIL K.N. and FRENCH S. (2005) Design and evaluation of an intelligent decision support system for nuclear emergencies. *Decision Support Systems* 41, 84-111.

PARKER D.J., GREEN C.H., and THOMPSON P.M. (1987). Urban Flood Protection Benefits, a Project Appraisal Guide. 1987. Aldershot, Gower.

PATON D. , MILLAR M., and JOHNSTON D. (2001) Community Resilience to Volcanic Hazard Consequences. *Natural Hazards* 24, 157-169.

PAULUS g. and BÄK R.et .al. (2004). Interoperability and Geohazards: A Conceptual Framework for Natural Risk Management in Carinthia, Austria. AGILE Conference. Greece, AGILE.

PEARCE D., BARBIER E., and MARKANDYA A. (1990) Sustainable DevelopmentL: Economics and Environment in the Third World. Earthscan.

PEDUZZI P., DAO H., and HEROLD C. (2005) Mapping Disastrous Natural Hazards Using Global Datasets. *Natural Hazards* 35, 265-289.

PEDUZZI, P., DAO, H., HEROLD, C., ROCHETTE, D., and SANAHUJA, H. (2001). Global Risk and Vulnerability Index - Trends per Year (GRAVITY). Geneva, United Nations Environment Programme.

PELLING M. and UITTO J. (2001) Small Island Developing States: Natural Disaster Vulnerability and Global Change. *Environmental Hazards* Vol.3, 49-62.

PEREIRA J.M.C. and DUCKSTEIN L. (1993) A multiple criteria decision-making approach to GIS-based land suitability evaluation. *International Journal of Geographical Information Systems* 7, 407-424.

- PEROTTO-BALDIVIEZO H.L., THUROWW T.L., SMITH C.T., FISHER R.F., and WU X.B. (2004) GIS-based spatial analysis and modeling for landslide hazard assessment in steeplands, southern Honduras. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 165-176.
- PERRY S., COX D., and JONES L.e.al. (2008). Circular 1324. The ShakeOut Earthquake Scenario. A Story Tath Southern Californians are Writing. Virginia, U.S. Geological Survey.
- PIATTINI M.G., CALVO-MANZANO J.A., CERVERA J., and FERNÁNDEZ L. (1996) Análisis y diseño detallado de aplicaciones informáticas de gestión. RAMA, Madrid.
- PICORNELL, C.; SEGUÍ, J.M^a. (1989) Geografía Humana de las Islas Baleares. Ed. Oikos-Tau. Opera Geographica minora. Chorographi Iberica 8.
- PIMM, S.L. (1984). The complexity and stability of ecosystems. *Nature* 307: 321-326.
- PIJAWKA K.D. and RADWAN A.E. (1985) The transportation of Hazardous Materials: Risk Assessment and Hazard Management. *Journal of Dangerous Properties of Industrial Materials* 5.
- PLATE E.J. (2006) A Human Security Index. In Measuring vulnerability to Natural Hazards (ed. Birkman J.) United Nations University, Japan.
- PNUD. UNDRO (1994) Aspectos económicos del desastre. UNDRO.
- PNUD. UNDRO (1991) Evaluación de desastres. UNDRO.
- PNUD. UNDRO (1992) Programa de Entrenamiento para el Manejo de Desastres. UNDRO, DHA/93/45 - GE.93-00730.
- PNUD. UNDRO (1992) Visión general sobre manejo de desastre. UNDRO, DHA/93/45 - GE.93-00730.
- POLSKY, C., SCHROTER, D., PATT, A., GAFFIN, S., MARTELLO, M. L., NEFF, R., PULSIPHER, A., and SELIN, H. Assessing Vulnerabilities to the Effects of Global Change: An Eight-Step Approach. 2003. digital, Belfer Center for Science&International Affairs. Harvard University.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (2004) La Reducción de Riesgos de Desastres. Un desafío para el desarrollo. PNUD, New York.
- PONS ESTEVA, A. (2003). “Evolució dels usos del sòl a les illes Balers : 1956-2000”. Territoris. Universitat de les Illes Balears. Num. 4. pp. 129-145.
- PROYECTO ESFERA (2004) Carta Humanitaria y Normas mínimas de respuesta Humanitaria en casos de desastre. El proyecto Esfera. Intermon Oxfam.
- QUARANTELLI E.L. (1997) Problematical aspects of the information /communication revolution for disaster planning and research: ten non-technical issues and questions. *Disaster Prevention and Management* 6 , 94-106.
- QUESTE A. and LAUWE P. (2006) User needs: Why we need indicators. In Measuring Vulnerability to Natural Hazards. Towards disaster resilient societies (ed. BIRKMANN J.) United Nations

University Press, New York, USA.

RADKE J. , COVA T., SHERIDAN M.F., TROY A., MU L., and JOHNSON R. (2003) Application challenges for geographic information science: Implications for research, education, and policy for emergency preparedness and response. *URISA Journal* 12, 15-30.

RAJABIFARD A., FEENEY M.E., WILLIAMSON I., and MASSER I. (2003) National spatial data infrastructures. In *Development of Spatial Data Infrastructures: from Concept to Reality* (ed. WILLIAMSON I. and RAJABIFARD A.a.F.M.E.) Taylor & Francis, LONDON.

RASHED T. and WEEKS J. (2003) Assessing vulnerability to earthquake hazards through spatial multicriteria analysis of urban areas. *Int. J. Geographical Information Science*.

RAY-BENNET N.S. (2007) Environmental Disasters and Disastrous Policies: An Overview from India. *Social Policy & Administration* 41, 419-424.

RED CROSS INTERNATIONAL. (2007) How to do a VCA. A practical step-by-step guide for Red Cross Red Crescent staff and volunteers. International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies.

RENDSCHLER C.S. (2005) Scales and uncertainties in using models and GIS for volcano hazard prediction. *Journal of volcanology and geothermal research* 73-87.

RIBAS-MARTÍNEZ, S. et al. (1987). "Las Baleares". En M. Peinado & S. Rivas Martínez(Eds.) "La Vegetación de España". De. Universidad de Alcala. Alcala de Henares: 489-513.

RIBERA MASGRAU L. (2004) Los mapas de riesgo de inundaciones: representación de la vulnerabilidad y aportación de las innovaciones tecnológicas. *Doc. Anal. Geogr.* 43, 153-171.

RIERA FONT, A. (2000). Mass Tourism and the Demand for Protected Natural areas: A travel cost approach. *Journal of Environmental Economics and Management*, 39, 1, 97-116.

ROBINSON T.P. (2000) Spatial Statistics and Geographical Information Systems in Epidemiology and Public Health. *Advances in Parasitology* 47, 81-128.

ROCA A., IRIZARRY J., LANTADA N., BARBAT A., GOULA X., PUJADES L.I., and SUSAGNA T. (2006) Método Avanzado para la Evaluación de la Vulnerabilidad y el Riesgo Sísmico. Aplicación a la Ciudad de Barcelona. *Física de la Tierra* 18, 183-203.

ROPER W.L. and MAYS G.P. (1999) GIS and Public Health Policy: A New Frontier for Improving Community Health. *J. Public Health Management Practice* 5.

ROSSELLÓ VERGER, V.M.(1977) Les illes Balears. Resum geographic. Barcino. Barcelona.

ROSSELLÓ VERGER, V.M. (1964). Mallorca, el sur y el surest. Boletín del C.O.C.I.N. Palma de Mallorca.

ROSSELLÓ VERGER, Vicenç M. (2006) Les Illes, redescobertes: Mallorca, Menorca, Eivissa i

- Formentera. Barcelona, Publicacions de l'Abadia de Montserrat (Descoberta;10).
- ROY E., ROUSSELLE J., and LACROIX J. (2003) Flood Damage Reduction Program (FDRP) in Québec: Case Study of the Chaudière River. *Natural Hazards* 28, 387-405.
- RULLAN SALAMANCA, O. (1999). Las Islas Baleares. In GARCÍA , J.M. & SOTELO, J.A. (Eds). La España de las autonomías. Síntesis. Madrid. Pp. 148-186.
- RULLAN SALAMANCA, O. (2002). La construcción Territorial de Mallorca. Ed. Moll. Mallorca.
- RUTTER, MICHAEL (1985). Resilience in the face of adversity: protective factors and resistance to psychiatric. *British Journal of Psychiatry*, 147, 598-611.
- SAATY T.L. (1980) The Analytic Hierachy Process. McGraw Hill, New York.
- SAMUELS, P. (2005). National Flood Damage Evaluation Methods -A Review of Applied Methods in England, the Netherlands, the Czech Republic and Germany. Wallingford, UK.
- SANAHUJA RODRIGUEZ H.E. (1999). El daño y la evaluación del riesgo en América Central: Una propuesta metodológica tomando como caso de estudio a Costa Rica. Costa Rica., Universidad de Costa Rica. Tesis Postgrado.
- SAURI D. and RIBAS A. (1994) El análisis del riesgo de avenida en las escuelas geográficas Anglosajona, Francesa y Española. *Estudios Geográficos* 216, 481-502.
- SAURÍ D. (1988) Cambio y continuidad en la Geografía de los riesgos naturales: la aportación de la Geografía radical. *Estudios Geográficos* 191, 257-270.
- SCHEUREN, J. M., LE POLAIN DE WAROUX, O., BELOW, R., GUHA-SAPIR, D., and PONSERRE, S. (2008). Annual Disaster Statistical Review. The Numbers and Trends 2007. CRED. ISDR. UCL.
- SCHMIDT-THOME, P. (2006). Natural and Technological Hazards and Risks Affecting the Spatial Development of European Regions. 2006. Finland, Geological Survey of Finland. ESPOO.
- SCHNEIDERBAUER S. and EHRLICH D. (2006) Social levels and hazard (in) dependence in determining vulnerability. In Measuring Vulnerability to Natural Hazards. Towards disaster resilient societies (ed. BIRKMANN J.) United Nations University Press, New York, USA.
- SCHWEIER C., MARKUS M., and STEINLE E. (2004) Simulation of earthquake caused building damages for the development of fast reconnaissance techniques. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 4, 285-293.
- SECRETARIA DE GOBERNACIÓN. PROTECCIÓN CIVIL MEXICO. SIAT CT. (2006). Sistema de Alerta Temprana para Ciclones Tropicales. . Mexico, Gobierno Mexico.
- SEFFINO L.A., BAUZER C., ROCHA J.V., and YI B. (1999) WOODSS - A spatial decision support system based on workflows. *Decision Support Systems* 105-123.
- SERAGELDIN I. (1995) Promoting Sustainable Development: Toward a New Paradigm. In Valuing

the Environment: Proceedings of the first Annual International Conference on Environmentally Sustainable Development (ed. SERAGELDIN and STEER A.), pp. pp. 13-21. World Bank, Washington D.C.

SHALUF I.M. (2007) An overview on disasters. *Disaster Prevention and Management* 16, 686-703.

SHOWALTER P.S. (2001) Remote sensing's use in disaster research: a review. *Disaster Prevention and Management* 10, 21-29.

SIMON H.A. (1960) The new science of management decision. Harper & Row, New York.

SIMPSON R.H. (1981) The Hurricane and its impact. Louisiana State University Press, Baton Rouge, LA.

SLOBODAN P. and AHMAD S. (2005) Computer-based Model for Flood evacuation Emergency Planning. *Natural Hazards* 34. 25-51

SLOVIC P. (2000) The perception of risk. Earthscan Publications, London.

SMITH D. (1973) Geography of Social Well Being. McGraw Hill, New York.

SMITH E.R. (2000) An Overview of EPA's Regional Vulnerability Assessment (ReVA) Program. *Environmental Monitoring and Assessment* 64, 9-15.

SMITH K. (1992) Environmental hazards. Routledge, London and New York.

SOLIDARIDAD INTERNACIONAL. (2002). Las causas sociales tras los desastres naturales. http://www.solidaridad.org/uploads/documentos/documentos_sivcentroamerica%5B1%5D_33f73427.pdf [Consulta 12.12.2009]).

STALLING R.A. (2002) Methods of Disaster Research. Xlibris Corporation, United States of America. Notes: pp. 524

STERNBERG R.J. (1999) Handbook of Creativity. Cambridge University Press, Cambridge.

SUAREZ OLAVE, D. C. (2003) Indicadores e índices en el campo económico. Manizales. Colombia, Banco Interamericano de Desarrollo. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Estudios Ambientales. Indicadores de Gestión de Riesgos. Programa de Información e Indicadores de Gestión de riesgos de Desastres Naturales. <http://www.manizales.unal.edu.co/ProyectosEspeciales/bid2/documentos/Sumario%20indicadores%20e%20indices.pdf> [Consultado 15.12.2009].

SUBCOMMITTEE ON DISASTER REDUCTION (2005) Grand Challenges for Disaster Reduction. National Science and Technology Council. Committee on Environment and Natural Resources, Washington.

SUBCOMMITTEE ON DISASTER REDUCTION. SUBCOMMITTEE ON DISASTER REDUCTION.(2003). Reducing Disaster Vulnerability Through Science and Technology. SUBCOMMITTEE ON DISASTER REDUCTION. SUBCOMMITTEE ON DISASTER REDUCTION USA.

SUBCOMMITTEE ON NATURAL DISASTER REDUCTION. (2000). Effective Disaster Warnings. EXECUTIVE OFFICE OF THE PRESIDENT USA.

SUGIMOTO T. and MURAKAMI H.e.al. (2003) A Human Damage Prediction Method for Tsunami Disasters Incorporating Evacuation Activities. *Natural Hazards* 585-600.

SUSMAN O., O'KEEFE P., and WISNER (1983) Global disaster: a readical interpretation. In Interpretations of calamity (ed. HEWITT K.), pp. 264-283. Allen&Unwin, Boston.

SWISS RE (2003) Las catástrofes naturales y el reaseguro. Swiss Re.

SWISS RE. SWISS RE. 2007. 15/11/2007.

TAMURA H., YAMAMOTO K., TOMIYAMA S., and HATONO I. (2000) Modeling and analysis of decision making problem for mitigating natural disaster risks. *European Journal of Operational Research* 122, 461-468.

TAUBENBOCK H., POST J., ROTH A., ZOSEDER K., STRUNZ G., and DECH S. (2008) A conceptual vulnerability and risk framework as outline to identify capabilities of remote sensing. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 8.

TERLIEN M.T.J. and VAN WESTEN C.J. (1995) Deterministic Modelling in GIS-Based Landslide Hazard Assessment. In Geographical information systems in assessing natural hazards. (ed. CARRARA A. and GUZZETTI F.), pp. 57-77. Kluwer Academic Publishers, Dorcrecht.

TEUTSCH BARROS C. (2006). Metodologías para la evaluación de la vulnerabilidad población a los desastres de la variabilidad y el cambio climático. 2006. Santiago. Chile, Universidad de Chile.

TIERNEY K.J. (1987) Improving theory and research on hazard mitigation: political economy and organizational perspectives. *International Journal of Mass Emergencies and Disasters* 7, 367-396.

TILMAN, D. Y DOWNING, J.A. (1987). Biodiversity and stability in grasslands. *Nature* 367: 363-365.

TIMMERMAN P. (1981) Vulnerability, resilience and the collapse of society. Environmental Monograph, 1. Institute of Environmental Studies. University of Toronto, Toronto.

TOMOVIC R. (1963) Sensitivity Analysis of Dynamic Systems. McGraw-Hill, New York.

TORRES-VERA M.A. and CANAS J.A. (2003) A lifeline vulnerability study in Barcelona, Spain. *Reliability Engineering and System Safety* 80.

TUNSTALL, D. (1994). Developing and Using Indicators of Sustainable Development in Africa: An Overview. BanjThe Gambia, Network fo rEnvironment and Sustainable Development in Africa. Thematic Workshop on Indicators of Sustainable Development.

TURNER B.L., KASPERSON R.E., MATSON P.A., and McCARTHY R.W.et al. (2003) A framework for vulnerability analysis in sustaintability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100, 8074-8079.

TURNER B.L., MATSON P.A., McCARTY J.J., and et al. (2003) Illustrating the coupled humand-environment system for vulnerability analysis: Three case studies. *PNAS* 100, 8080-8085.

TWEEDY A.R. (2000) Beyond Disaster Response. Public Policy Challenge of the New Millennium. *CRM* 6, 6-10.

TWIGG J. (2001). Sustainable livelihoods and vulnerability to disasters. Disaster Mitigation Institute.

UE. (1992) Maastricht Treaty. Maastricht: UE 1992.

2004a. European Constitution Proposal. UE; 2004a.

2004b. A new partnership for cohesion. Convergence, Competitiveness, Cooperation. Third report on economic and social cohesion. European Commission; 2004b.

UN/ CEPAL . (2004). El Salvador: Evaluación de los daños ocasionados por el huracán MITCH 1998. Sus implicaciones para el desarrollo económico y social y el medio ambiente. UN / CP.

UNCED. (1992). Agenda 21. Rio Conference. 1992. Rio de Janeiro. Brasil, UN.

UNCED. (2002). Declaración de Johannesburgo sobre Desarrollo Sostenible. 2002. Johannesburgo. Sudafrica, UN.

UNCED. (2000). Millennium Declaration. New York. USA, UN.

UNCED. (1992). Rio Declaration. Rio de Janeiro. Brasil, UN.

UNDP and SPDRP. (1998). Guidelines for Community Vulnerability Analysis. An Approach for Pacific Island Countries. UNDP.

UNDRO (1991) Mitigation natural disasters: phenomena, effects and options. A manual for policy makers and planners. Office of the United Nations Disaster Relief Co-ordinator, Geneva.

United Nations (2002) Guidelines for Reducing Flood Losses. United Nations.

UNITED NATIONS. (2006) On Better Terms. A Glance at Key Climate Change and Disaster Risk Reduction Concepts. GENEVA, SWITZERLAND, UNITED NATIONS.

UNITED NATIONS (1999) Progress in the Implementation of the Program of Action for Sustainable Development of Small Island Developing States: Climate and Sea Level Rise. UN Economic and Social Council. Report for the General Secretary.

UNITED NATIONS. (1995). Work Programme on Indicators of Sustainable Development of the Commission on sustainable Development. . New York, United Nations Department for Policy Coordination and Sustainable Development.

United Nations Environment Programme. (2003) Assessing Human Vulnerability to Environmental Change. Concepts, Issues, Methods and Case Studies. UNEP, Nairobi.

UNITED NATIONS. ISDR. (2007). International Strategy for Disaster Reduction. Words Into Action:

- A Guide for Implementing the Hyogo Framework. 2007. UNITED NATIONS.
- UNIYAL A. and RAUTELA P. (2005) Disaster management strategy for avoiding landslide induced losses to the villages in the vicinity of the Himalayan township of Mussoorie in Uttaranchal (India). *Disaster Prevention and Management* 14, 378-387.
- URAN O. and JANSSEN R. (2003) Why are spatial decision support system not used? Some experiences from the Netherlands. *Computers, Environment and Urban Systems* 27, 511-526.
- VALE L.J. and CAMPANELLA T.J. (2005) The resilient city. How modern cities recover from disaster. Oxford University Press, Oxford.
- VALLEJO VILLALTA I. and CAMARILLO NARANJO J.M. (2000) La gestión de los riesgos naturales en el ámbito de la protección civil. *Boletín de la A.G.E.* 30, 51-68.
- VAN DER VEEN A. (2003) In search of a common methodology on damage estimation: from the economist's perspective. In In search of a common methodology of damage estimation. Workshop Proceedings (ed. VAN DER VEEN A., VETERE ARELLANO A.L., and NORDVIK J.-P.) European communities, Italy.
- VAN DER VEEN A. (2003) In search of a common methodology on damage estimation: from the economist's perspective. In In search of a common methodology of damage estimation. Workshop Proceedings (ed. VAN DER VEEN A., VETERE ARELLANO A.L., and NORDVIK J.-P.) European communities, Italy.
- VAR DER VEEN A. and LOGTMEIJER C. (2005) Economic Hotspots: Visualizing Vulnerability to Flooding. *Natural Hazards* 65-80.
- VARGAS, J. E. Políticas públicas para la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres naturales y socio-naturales. 2002. Santiago de Chile, Naciones Unidas. CEPAL. División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos.
- VARLEY A. (1994) Disasters, Development and Environment. John Wiley and Sons, Chichester. Notes: NO
- VARNES D. (1984) Landslide hazard zonation: a review of principles and practice. UNESCO, Paris.
- VILLA F. and McLEOD H. (2002) Environmental Vulnerability Indicators for Environmental Planning and Decision-Making: Guidelines and Applications. *Environmental Management* 29, pp. 335-348.
- VILLAGRAN DE LEON J.C. (2006) Vulnerability. A conceptual and Methodological Review. SOURCE. No. 4/2006. United Nations University. UNU-EHS. Institute for Environment and Human Security, Bonn, Germany.
- VINE M.F., DEGNAN D., and HANCHETTE C. (1997) Geographic Information Systems: Their Use in Environmental Epidemiologic Research. *Environmental Health Perspectives* 6, 598-605.
- VOGEL C. and O'BRIEN K. (2004) Vulnerability and Global Environmental change: Rhetoric and

Reality. *AVISO-Information Bulletin on Global Environmental Change and Human Security* 13.

VON NEUMAN J. and MORGENTHAU O. (1947) *Theory of Games and Economic Behaviour* 2nd ed. Princeton University Press, Princeton, NJ.

VOSS A.e.al. (2004) Evolution of a participatory GIS. *Computers, Environment and Urban Systems* 28, 635-651.

WATTS M. and BOHLE H.G. (1993) The space of vulnerability: the causal structure of hunger and famine. *Human Geography* 17, 43-67.

WEICHSSELGARTNER J. (2001) Disaster mitigation: the concept of vulnerability revisited. *Disaster Prevention and Management* 10, 85-94.

WEICHSSELGARTNER J. and BERTENS J. (2000) Natural disasters: acts of God nature or society. In *Risk Analysis II* (ed. BREBBIA C.) WIT Press, Southampton.

WEST L.A. and HESS T.J. (2002) Metadata as a knowledge management tool: supporting intelligent agent and end user access to spatial data. *Decision Support Systems* 32, 247-264.

WHITE. G. (1974) *Natural Hazards: Local National, global*. Oxford University Press, Oxford.

WHITE G.F. and HAAS J.E. (1975) *Assessment of Research on Natural Hazards*. MIT Press., Cambridge, Mass.

WHITE P., PELLING M., SEN K., SEDDON D., RUSSELL S., and FEW R. (2005) *Disaster Risk Reduction. A Development Concern*. University of East Anglia, Norwich, UK.

WHYTE A.V. (1982) Probabilities, consequences, and values in the perception of risk. In *Risk Assessment and Perception Symposium* Royal Society of Canada, Toronto.

WIENER J., FORDHAM M., PEACOCK W., and KRIMGOLD F. (1999) Reframing disaster policy: the global evolution of vulnerable communities. *Environmental Hazards* 1, 39-44.

WILCHES-CHAUX G. (1989) *Desastres, ecologismo y formación profesional*. SENA, Popayán. Colombia

WILCHES-CHAUX G. (1993) La vulnerabilidad global. In *Los desastres no son naturales* (ed. MASKEY A.), pp. 11-44. La Red. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en America Latina, publicación digital.

WILLIAMS L.R.R. and KAPUTSKA L.A. (2000) Ecosystem vulnerability: a complex interface with technical components. *Environmental Toxicology and Chemistry* 19, 1055-1058.

WILSON K., PRESSEY R.L., NEWTON A., BURGMAN M., POSSINGHAM. H., and WESTON C. (2005) Measuring and Incorporating Vulnerability into Conservation Planning. *Environmental Management* 35, 527-543.

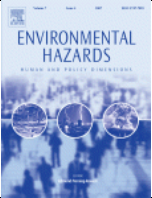




WISNER B. (2004) Assessment of capability and vulnerability. In *Mapping vulnerability* (ed. BANKOFF G., FRERKS G., and HILHORST D.), pp. 183-193. Earthscan, London.

- WISNER B. (1993) Disaster Vulnerability: Scale, Power and Daily Life. *GeoJournal* 39, 127-140.
- WISNER B., BLAIKIE P., CANNON T., and DAVIS I. (2004) At Risk: Natural hazards, People's Vulnerability and Disasters. Routledge, London.
- WONG I.W., McNicol D.K., FONG P.F.D., NEYSMITH J., and RUSSELL R. (2003) The Wildspace decision support system. *Environmental Modelling & Software* 18, 521-530.
- WORDSWORTH P. and BITHELL D. (2004) Flooding in buildings: assessment, limitation and rehabilitation. *Structural Survey* 2, pp.105-109.
- WORLD BANK (1995) World Development Report 1994. Oxford University Press, UK. Notes: no
- WU S.Y., YARNAL B., and FISHER A. (2002) Vulnerability of coastal communities to sea-level rise: A case study of Cape May County, New Jersey. *Climate Research* 22, 255-270.
- YODMANI S. (2001). Disaster Risk Management and Vulnerability Reduction: Protecting the Poor. Paper Presented at the Asia and Pacific Forum on Overty. Asian Development Bank.
- YOUNG O.R., BERKHOU F., GALLOPIN G.C., JANSSEN M.A., OSTROM E., and VAN DER LEEUW S. (2006) The globalization of socio-ecological systems: An agenda for scientific research. *Global Environmental Change* 16, 304-316.
- ZAMORANO OROZCO, J.J.; PALACIOS ESTREMER, D.; TANARRO GARCÍA, L.M. (2004). Control de la deglaciación del volcán Popocatépetl (México) por fotogrametría, como aplicación a la prevención de lahares. Boletín de la Real sociedad Española de Historia Natural. Sección geológica. Tomo 99, nº1-4, pp. 105-117.
- ZERGER A. (2002) Examining GIS decision utility for natural hazard risk modelling. *Environmental Modelling & Software* 17, 287-294.
- ZERGER A. and INGLE SMITH D. (2003) Impediments to using GIS for real-time disaster decision support. *Computers, Environment and Urban Systems* 123-141.
- ZERGER A. and WEALANDS S. (2004) Beyond Modelling: Linking Models with GIS for Flood Risk Management. *Natural Hazards* 191-208.
- ZHANG J., OKADA N., TATANO H., and HAYAKAWA S. (2004) Damage Evaluation of Agro-meteorological Hazards in the Maize-Growing Region of Songliao Plain, China: Case Study of Lishu County of Jilin Province. *Natural Hazards* 31, 209-232.
- ZHANG J., ZHOU C., XU K., and WATANABE M. (2002) Flood disaster monitoring and evaluation in China. *Environmental Hazards* 4, 33-43.

8. Fuentes de información consultadas de internet


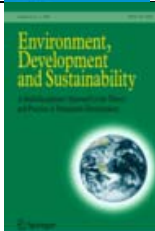

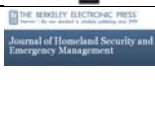
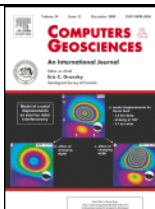


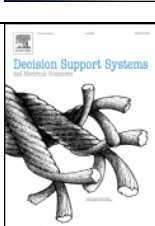
Revistas científicas

Revista/Entidad	Logo	URL : DESCRIPCIÓN	Fecha Visita
Natural Hazards		http://www.springer.com/geosciences/hydrogeology/journal/11069	[01.04.2009]
Disasters		http://www.blackwell-synergy.com/loi/disa	[01.04.2009]
Journal of Risk Research		http://www.informaworld.com/smpp/title~content=t713685794~db=all	[01.04.2009]
Risk Analysis		http://www.blackwell-synergy.com/loi/RISK	[01.04.2009]
Journal of Hazardous Materials		http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/502691/description#description	[01.04.2009]
Disaster Prevention and Management		http://www.emeraldinsight.com/Insight/viewContainer.do?containerType=Journal&containerId=10806	[01.04.2009]
Research Progress and Accomplishments		http://mceer.buffalo.edu/publications/resacomp/04-SP01/	[01.04.2009]

Environmental Hazards		http://www.sciencedirect.com/science/journal/17477891 http://www.elsevier.com/locate/journaldescription.cws_home/706537/description#description	[01.04.2009]
Disaster Management & Response		http://www.elsevier.com/locate/journaldescription.cws_home/639615/description#description	[01.04.2009]
Human and Ecological Risk Assessment		http://www.aehs.com/journals/humanandecological/	[01.04.2009]
Australian Journal of Emergency Management		http://search.informit.com.au/browseJournalTitle.res=IELHSS:issn=1324-1540	[01.04.2009]
The Geneva Papers on Risk and Insurance Issues and Practice		http://www.palgrave-journals.com/gpp/index.html	[01.04.2009]
Reliability engineering and system safety		http://www.elsevier.com/locate/journaldescription.cws_home/405908/description#description	[01.04.2009]

Revistas de otras áreas




Boletín de la AGE		http://age.ieg.csic.es/boletin.htm#45	[01.04.2009]
Applied Geography		http://www.elsevier.com/locate/journaldescription.cws_home/30390/description#description	[01.04.2009]
Environment and Urbanization		http://www.sagepub.com/journalsProdDesc.nav?prodId=Journal201733	[01.04.2009]





GeoJournal		http://www.springer.com/geography/human+geography/journal/10708	[01.04.2009]
Environment, Development and Sustainability		http://www.springer.com/environment/environmental+management/journal/10668	[01.04.2009]
GeoInformatica		http://www.springer.com/geography/gis+cartography/journal/10707	[01.04.2009]
Journal of Homeland Security and Emergency Management		http://www.bepress.com/jhsem/vol5/iss1/18/	[01.04.2009]
Computers & Geosciences		http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/398/description#description	[01.04.2009]
Computers, Environment and Urban Systems		http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/304/description#description	[01.04.2009]
International Journal of Applied Earth Observation and GeoInformation (Elsevier)		http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/622741/description	[01.04.2009]
Decision Support Systems		http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/505540/description#description	[01.04.2009]

Environmental Modeling & Software		http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/422921/description#description	[01.04.2009]
Journal of Infrastructure Systems		http://www.pubs.asce.org/journals/infrastructure/	[01.04.2009]
Geoscience Australia		http://www.ga.gov.au/hazards/reports/nhiar/	[01.04.2009]



Mapping interactivo		http://www.mappinginteractivo.com	[01.04.2009]
Our Planet UN		http://www.unep.org/ourplanet/2008/may/en/	[01.04.2009]
Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America		http://www.pnas.org/	[01.04.2009]

8.2. Entidades Públicas, Agencias Emergencias

Data Repository of the Geographic Information Support Team		https://gist.itos.uga.edu/index.asp?body=about	[Consulta : 21.05.2008]
Multihazard Mitigation Council		http://nibs.org/MMC/mmchome.html	[01.04.2009]
Centro de Protección para desastres San Salvador. El Salvador		http://www.ceprode.org.sv/	[01.04.2009]
Centro de Capacitación y Prevención para el Manejo de Emergencias y Medio Ambiente :		http://www.sosvidasperu.org/S.O.	[01.04.2009]



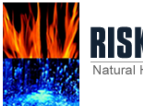
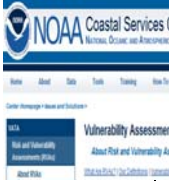
SOS Vidas Perú			
Redes de Gestión de Riesgo y Adaptación al Cambio Climático		http://www.redesdegestionderiesgo.com/	[01.04.2009]
Department for International Development DFID. Uk		http://www.dfid.gov.uk/default.asp	[01.04.2009]
Asian Disaster Reduction Center		http://www.adrc.or.jp/index.php	[01.04.2009]
NASA Disaster Finger		http://disasterfinder.gsfc.nasa.gov/Disaster_Management/	[01.04.2009]
NOAA Vulnerability Assessment Techniques and Applications (VAT)		http://www.csc.noaa.gov/vata/rvats.html	[01.04.2009]


Agencias emergencias

Usa. FEMA		http://www.fema.gov	[01.04.2009]
Australia . Emergency Management Australia		http://www.ema.gov.au	[01.04.2009]
Guatemala. Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres. CONRED		http://conred.gob.gt/	[01.04.2009]
Asian Disaster Preparedness Center		http://www.adpc.net	[01.04.2009]

2. Centros de Investigación y Universidades

Natural Hazards Center : University of Colorado at Boulder		http://www.colorado.edu/hazards/	[01.04.2009]
Tyndall Centre for Climate Change Research		http://www.tyndall.ac.uk/	[01.04.2009]

Stockhol Environment Institute. Vulnerability Network & Observatory		http://www.vulnerabilitynet.org/	[01.04.2009]
Benfield UCI Hazard Research Centre		http://www.benfieldhrc.org/	[01.04.2009]
Center for International Earth Science Information Network		http://www.ciesin.columbia.edu/	[01.04.2009]
University of South Carolina : Hazards& Vulnerability Research Institute		http://www.cas.sc.edu/geog/hrl/reason.html#	[01.04.2009]
Geospatial Science : Centre for Risk and Community Safety		http://www.gs.rmit.edu.au/	[01.04.2009]
University of Delaware. Disaster Research Center		http://www.udel.edu/DRC/	[01.04.2009]
University MacQuarie. Sydney. Risk Frontiers		http://www.riskfrontiers.com/index.html	[01.04.2009]
NOAA : Coastal Service Center : Vulnerability Assessment Techniques and Applications (VATA)		http://www.csc.noaa.gov/vata/intro2.html	[01.04.2009]
Center for Refugee and Disaster Response. Johns Hopkins Bloomberg		http://www.jhsph.edu/Refugee/	[01.04.2009]
Instituto Francés de Estudios Alpinos		http://www.ifeanet.org/investigacion/investigador.php?codinv=172	[01.04.2009]
Scientific Committee on Problems of the		http://www.icsu-scope.org/	[01.04.2009]

Environment			
Centre for Disaster Studies James Cook University		http://www.jcu.edu.au/cds/	[01.04.2009]
Center for Hazards Research and Policy Development . University of Louisville		http://hazardcenter.louisville.edu/	[01.04.2009]
Institute of Development Studies		http://www.ids.ac.uk/	[01.04.2009]

Inventario de desastres

Emergency Events Database		http://www.emdat.be/	[01.04.2009]
Spatial Hazard Event and Losses Database for the United States SHEL DUS		http://www.cas.sc.edu/geog/hrl/SHELDUS.html	[01.04.2009]
MANDISA		http://www.egs.uct.ac.za/dimp	[01.04.2009]
Desinventar		http://undp.desinventar.net/	[01.04.2009]

Organizaciones Internacionales y entidades financieras internacionales

United Nations Development Programme		http://www.undp.org/	[01.04.2009]
UN. International Strategy for Disaster Reduction		http://www.unisdr.org/	[01.04.2009]
United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs OCHA		http://ochaonline.un.org/	[01.04.2009]
ReliefWeb : Global Hub for time-critical humanitarian information on Complex Emergencies and Natural Disasters		http://www.reliefweb.int/	[01.04.2009]
UNITAR (United Nations Institute for Training&Research) C3D Project : Climate Change		http://www.c3d-unitar.org/c3d/	[01.04.2009]

Vulnerability and Adaptation			
United Nations University. UNU-EHS. Institute for Environment and Human Security		http://www.ehs.unu.edu/Projects?menu=16	[01.04.2009]
Intergovernmental Panel on Climate Change		http://www.ipcc.ch/	[01.04.2009]
International Organization for Migration		http://www.iom.int/tsunami/	[01.04.2009]
International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies		http://www.ifrc.org/	[01.04.2009]
Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL		http://www.eclac.org/	[01.04.2009]
Centro Regional de Información sobre Desastres. América Latina y El Caribe		http://www.crid.or.cr	[01.04.2009]
Red de estudios sociales en Prevención de desastres en América Latina “La RED”		http://www.desenredando.org	[01.04.2009]
Provention Consortium		http://www.proventionconsortium.org/	[01.04.2009]
Global Risk Identification Program		http://www.gri-p.net/	[01.04.2009]
Centro de Coordinación para la prevención de los Desastres Naturales en América Central CEPREDENAC		http://www.cepredenac.org	[01.04.2009]
Organización Panamericana de la Salud		http://www.paho.org/spanish/dd/ped/home.htm	[01.04.2009]
		http://www.disaster-info.net/	[01.04.2009]
Banco Interamericano de Desarrollo		http://www.iadb.org/exr/disaster/?language=Spanish	[01.04.2009]

World Bank : Social Risk Management : Risk and Vulnerability Análisis		http://web.worldbank.org/	[01.04.2009]
Association Française pour la prevention des catastrophes naturelles		http://www.afpcn.org/	[01.04.2009]
Institut des Risques Majeurs		http://www.irma-grenoble.com/	[01.04.2009]
Mission Risques Naturels		http://www.mrn-gpsa.org/accueil.php	[01.04.2009]
The International Emergency Management Society		http://www.tiems.org/	[01.04.2009]
Red Desastres		http://www.reddesastres.org/index.php?id=111	[01.04.2009]
Asian Development Bank		http://www.adb.org/Disaster/default.asp	[01.04.2009]
Disaster Mitigation for Sustainable Livelihoods Programme (DiMP)		http://www.egs.uct.ac.za/dimp/	[01.04.2009]

Proyectos de desarrollo / investigación

Proyecto Esfera		http://www.sphereproject.org/	[01.04.2009]
EU_MEDIN		http://www.eu-medin.org/index.php	[01.04.2009]
Armonia Project		http://www.armoniaproject.net/	[01.04.2009]
MEDIgRID	Mediterranean Grid of Multi- Risk Data and Models	http://www.eu-medigrid.org	[01.04.2009]
FLOODsite	Integrated Flood Risk Analysis and Management Methodologies	http://www.floodsite.net	[01.04.2009]
Natural and Technologica l hazards and risks in European Regions		http://www.gsf.fi/projects/espon/	[01.04.2009]
Proyecto RINAMED		http://www.rinamed.net/es/es_index.htm	[01.04.2009]
		http://www.eu-safer.de/	[01.04.2009]
		http://www.comrisk.org/	[01.04.2009]
		http://noe-interreg3c.net/public/	[01.04.2009]
		http://www.meteorisk.info/v2/default.asp	[01.04.2009]

American Lifelines Alliance		http://www.americanlifelinesalliance.org/	[01.04.2009]
Noah's Wish. Saving Animals in Disasters		http://www.noahswish.org/	[01.04.2009]
Prevention Web Project		http://www.preventionweb.net	[01.04.2009]
AIACC project		http://www.aiaccproject.org/about/about.html	[01.04.2009]
Social Vulnerability of USA		http://www.sovius.org/	[01.04.2009]
- International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change		http://www.ihdp.unu.edu	[01.04.2009]
Microdis		http://www.microdis-eu.be	[01.04.2009]
UN Millennium Development Goals		http://www.un.org/millenniumgoals/	[01.04.2009]
Cruz Roja WebMapping		http://cruzroja.webmapping.net/mapas/	[01.04.2009]
Global Environmental Change and Human Security		http://www.gechs.org/category/natural-hazards/	[01.04.2009]
Daywater Project : Vulnerability Assessment Tool, regarding flooding in urban areas		http://www.daywater.h2o.net/ http://daywater.in2p3.fr/EN/	[01.04.2009]
Naciones Unidas GRIP Project		http://www.grid.unep.ch/activities/earlywarning/index.php	[01.04.2009]
Preview Risk		http://www.preview-risk.fr/en/index.php	[01.04.2009]
			[01.04.2009]
Island vulnerability		http://www.islandvulnerability.org/	[01.04.2009]
Cost and natural hazards		http://conhaz.org/	
Methods for improvement vulnerability assessment in europe		http://www.move-fp7.eu/	

Congresos y workshops

World Conference on Disaster		http://www.wcdm.org/	[01.04.2009]
------------------------------	--	---	--------------

Management			
Social Challenges of Global Change. 7 th International Science Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change :		http://www.openmeeting2008.org/	[01.04.2009]
2 nd World Congress on Risk		http://www.sra.org/events_2008_world_congress.php	[01.04.2009]
Workshop on Impacts of, and Vulnerability and Adaptation to, Climate Change: Vulnerability and Risk, Sustainable Development , Opportunities and Solutions. 18 June, 2004. Bonn, Germany		http://unfccc.int/meetings/workshops/other_meetings/items/2950.php	[01.04.2009]
EuroMediterráneo sobre prevención de catástrofes : Madrid 6/9 octubre 2003		http://www.proteccioncivil.es/es/DGPCE/Informacion_y_documentacion/catalogo/carpeta04/foreuromediterraneo2003/index.htm	[01.04.2009]

Compañías aseguradoras

Munich Re		http://www.munichre.com/	[01.04.2009]
Swiss re		http://www.swissre.com/	[01.04.2009]

Otros

Hospitales seguros		http://safehospitals.info/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=17&Itemid=45	[01.04.2009]
Hazus		http://www.hazus.org/	[01.04.2009]
		http://www.ilankelman.org/disaster/deaths.html	[01.04.2009]
Modelos de inundaciones		http://www.ems-i.com/Software/software.html	[01.04.2009]
Topmodel		http://www.es.lanacs.ac.uk/hfdg/freeware/hfdg_freeware_top.htm	[01.04.2009]
Diccionario de Acción Humanitaria y Cooperación al desarrollo		http://dicc.hegoa.efaber.net/listar/mostrar/228	[01.04.2009]
Natural Hazards. Education and research		http://www.naturalhazards.org	[01.04.2009]

for a safer planet			
Blogs		http://vulnerabilidadlapaz.blogspot.com/	[01.04.2009]
		http://www.evitaelfoc.caib.es	[01.04.2009]
Shelter Centre		http://www.sheltercentre.org/	[01.04.2009]
		http://understandingkatrina.ssrc.org/Cutter/	[01.04.2009]
Islands vulnerability		http://islands.unep.ch/	[01.04.2009]
GTC International cooperation enterprise for sustainable development with worldwide operations		http://www.gtz.de/en/themen/uebergreifende-themen/krisenpraevention/21699.htm	[01.04.2009]
Information communication Technology CT for Disaster Management/ Foreword		http://en.wikibooks.org/wiki/ICT_for_Disaster_Management	[01.04.2009]
David Alexander		http://www.emergency-planning.blogspot.com/	[01.03.2010]
Social Capacity Building		http://caphaz-net.org	01.03.2010]

9. Anexo documental

9.1. Líneas y proyectos de investigación y desarrollo en el ámbito del análisis de la vulnerabilidad territorial y la evaluación de daños

El avance conceptual y tecnológico en el análisis vulnerabilidad y la evaluación de daños ha venido en su mayoría como resultado de numerosos proyectos de investigación y desarrollo realizados en los últimos decenios. En este texto se presentan a modo ilustrativo multitud de ejemplos de estudios y trabajos realizados en este campo. Creemos oportuno sin embargo, en este apartado comentar de forma simplificada alguno de los proyectos que nos ha parecido singularmente interesante.

Unión Europea

La prevención de riesgos y reducción de la vulnerabilidad ha jugado un papel clave en la asignación de fondos estructurales y la política de cohesión europea. En este sentido, los programas de cohesión interregional (Interreg) han contribuido en gran medida al desarrollo de actuaciones para la reducción de la vulnerabilidad y peligros naturales (SCHMIDT-THOME & KLEIN, 2006).

Proyecto ARMONIA

El proyecto ARMONIA (Applied Multi Risk mapping of Natural Hazards for Impact Assessment) (<http://www.armoniaproject.net/> [visitado 20.08.2008]) financiado por el VI programa marco de la UE tuvo por objetivo identificar qué aspectos del ciclo de gestión de desastres cubre la planificación territorial en los estados miembros de la UE. (FLEISCHHAUER, GREIVING, et al. , 2007). Sus principales objetivos fueron los siguientes:

- Integración/optimización de metodologías para la evaluación de riesgos de diferentes tipos de eventos potencialmente desastrosos.
- Armonización de diferentes cartografías de riesgos para la estandarización de métodos de recogida de datos, monitorización, representación y terminología en el campo de la evaluación de multiriesgos.
- Diseñar una estructura para la toma de decisiones para aplicar la mitigación de riesgos y peligros en el planeamiento territorial.

El tema de la vulnerabilidad es tratado ampliamente en el proyecto, mejorando su conocimiento y técnicas de evaluación.

Proyecto MEDIGRID (European Mediterranean Disaster Information Network)

Su principal objetivo es establecer una plataforma tecnológica para la distribución compartida de datos y modelos de evaluación de peligros para la reducción del riesgo a los desastres naturales. La plataforma MEDIGRID permite la integración de aplicaciones distribuidas y modulares que corren sobre Internet basadas en servicios Web. Los peligros considerados

incluyen incendio forestal, inundaciones, suelos, erosión y deslizamientos (<http://www.eu-medin.org> [visitado 20.08.2008]). (Research DG of European Comisión EU)

Proyecto NEDIES (Natural and Environmental Disaster Information Exchange)

El proyecto NEDIES (<http://nedies.jrc.it/> [visitada 12.08.2008]) desarrollado en el ISPRA por el Institute for Protection and Security of the Citizen de l EC Directorate General Joint Research Centre (JRC) tiene por objetivo dar apoyo a la Comisión Europea, así como a las autoridades y organizaciones de los estados miembros de la UE para prevenir y prepararse de desastres y accidentes así como gestionar sus consecuencias. Básicamente se constituye en el desarrollo de una plataforma de intercambio de experiencias e ideas de aspectos socioeconómicos de la gestión del desastre. (EU. DG Joint Research Centre Institutional Programme “Safety and Emergency Management for Man-Made and Natural Hazards).

ESPON HAZARD PROJECT

La European Spatial Planning Observation Network's (ESPON) ha desarrollado el proyecto temático “The spatial effects and management of natural and technological hazards in general and in relation to climate change “ (ESPON Hazards Project) realizado desde diciembre de 2002 a Marzo de 2005, en el marco del Programa ESPON y participalmente financiado por la iniciativa INTERREG III. Uno de los objetivos principales del proyecto es analizar la relevancia espacial de los peligros naturales y tecnológicos en la UE. (<http://www.gtk.fi/projects/espon/> [visitado 12.08.2008])

Orchestra

(<http://www.eu-orchestra.org/> [visitado 12.08.2008])

El proyecto Orchestra tiene por objetivo el diseño e implementación de especificaciones para el desarrollo de una infraestructura de datos espaciales orientada a la mejora de la interoperabilidad en procesos de gestión de riesgos en Europa. La arquitectura de ORCHESTRA se basa en el uso de estándares. (VI Programa Marco UE)

Proyecto MICRODIS

El proyecto MICRODIS (<http://www.microdis-eu.be/> [visitado 11.08.2008]) tiene por objetivo consolidar las estrategias de preparación, mitigación y prevención con objeto de reducir los impactos sociales y económicos de eventos extremos sobre las comunidades. Entre los productos del proyecto se esperan obtener metodologías integradas de análisis de vulnerabilidad. (VI Programa Marco UE).

Proyecto Floodsite

El proyecto Floodsite (Integrated Flood Risk Analysis and Management Methodologies) (<http://www.floodsite.net> [visitado 14.08.2008]) es un proyecto integrado del VI Programa Maro de la UE que ha dado apoyo a la redacción de la Directiva 2007/60/EC de 23 de octubre de 2007 del Parlamento y la Comisión Europea en relación a la evaluación y la gestión del riesgo de inundación. En concreto ha proporcionado soporte al desarrollo de la directiva en tres

áreas: evaluación preliminar de riesgos de inundación, preparación de mapas de riesgo, preparación de planes de gestión de inundación. El proyecto profundiza en todas las fases del proceso de evaluación de riesgos de inundación siendo especialmente tratada la evaluación de vulnerabilidad y la evaluación de daños.

Proyecto Lessloss

El proyecto Lessloss (Risk Mitigation for Earthquakes and Landslides) (<http://www.lessloss.org>, [visitado 14.08.2008]) es también un proyecto integrado del VI Programa Marco de la UE. Su objetivo principal es progresar el conocimiento de los riesgos de deslizamientos y de terremoto y especialmente en el desarrollo de medidas de mitigación. Desde el punto de vista de la vulnerabilidad realiza importantes aportaciones en el campo de la resistencia de las edificaciones

Proyectos internacionales

Proyecto DISFLOOD

Disaster Information System for Large-Scale Flood Events using Earth Observation. El objetivo del proyecto es desarrollar un sistema de información para una gran cuenca hidrográfica de Alemania utilizando teledetección. Asimismo integrar datos socioeconómicos. El objetivo es desarrollar un sistema rápido y viable de alerta temprana y para la evaluación de daños causados por inundaciones. (<http://www.ehs.unu.edu/category:50?menu=27>)

Proyecto USGS Multihazards Demonstration Project ha dado lugar a su primer producto “The Shake Out Scenario” (<http://pubs.usgs.gov/of/2008/1150/>) un informe técnico para proponer métodos de reducción de vulnerabilidad y aumento de resiliencia hacia desastres naturales mediante tareas de planificación, mitigación y respuesta. El estudio se fundamenta en la simulación de los efectos provocados por un terremoto en California en el día 14 de noviembre de 2008 y se analizan los posibles daños y pérdidas con objeto de proponer a la población medidas de reducción de la vulnerabilidad con objeto de reducir los posibles efectos negativos. El informe evidencia que el hecho de que dicho evento, que parece inevitable pudiera convertirse en un desastre o una catástrofe dependerá de las medidas de prevención que puedan tomarse antes del evento. “*Whether or not the disaster becomes a catastrophe – an event that permanently changes the naturae of life in southern California – will depend on the choices that every person makes between now and the day the earthquake occurs* “ (PERRY, COX, et al. , 2008 ,pp.15). La responsabilidad de los efectos del seísmo se deja en manos de la capacidad de las comunidades, las personas, los grupos, los vecindarios de realizar esfuerzos de preparación y planificación frente a los posibles efectos. <http://www.earthquakecountry.info/roots/index.php>

El Research and Assessment System for Sustainability. Program’s vulnerability framework (<http://sust.harvard.edu>) promueven la concepción de que la vulnerabilidad reside en la condición y operación del binomio hombre-medio ambiente incluyendo las capacidades de respuestas y los feedbacks del sistema frente a los peligros encontrados. El modelo propone un modelo de vulnerabilidad que tiene en cuenta variables específicas, sus relaciones y los métodos

de estudio que puede variar en cada caso. Se señala la complejidad de los procesos de evaluación de vulnerabilidad amplificada por problemas de escalas. *“A full vulnerability assessment is no easy task given the complexity of factors, processes, and feedbacks operating within even relatively simplified coupled-human-environment systems. The difficulties of the task are amplified by scalar dynamics, be they global processes operating on the local system of assessment, the asynchronous character of important social and natural processes, or the various, even incompatible goals of the different stakeholders in the system”*. (TURNER, MATSON, et al. 2003, pp. 885).

El proyecto HOTSPOTS (Identification of global Natural Disaster Risk Hotspots) se ha desarrollado con el apoyo de ProVention Consortium, el Banco Mundial, y el Center for International Earth Science Information Network (CINESIN) de la Universidad de Columbia, el internacional research Institute for climate Prediction (IR) y el Lamont-Doherty Earth Observatory (LDEO). El proyecto consistió en el desarrollo de un análisis global y sintético de los peligros naturales, y un análisis integrado de exposición a múltiples peligros.(DILLEY, CHEN, et al., 2005). Se estiman niveles de riesgo combinando exposición al peligro con vulnerabilidad histórica (en relación al PIB y población por unidad de área) para seis riesgos naturales: terremotos, volcanes, deslizamientos, inundaciones, sequías, y ciclones. Mediante el cálculo del riesgo relativo de retículas en lugar de estados, es posible estimar niveles de riesgo a escalas subnacionales. Se evidencia la dificultad en llegar a cifras fiables de riesgos, por lo que se realiza un modelo de valoración cualitativa del peligro en términos de exposición y magnitud potencial de pérdidas. Esta información puede ser útil para el desarrollo de medidas de prevención y preparación, incluyendo priorización de recursos, estrategias de emergencia, implementación de gestión del riesgo.

También en el marco de “la Red” y en el ámbito del análisis de la vulnerabilidad frente a desastres es destacable el proyecto BID-IDEA (Programa de Indicadores de Gestión de Riesgos para las Américas) financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo y desarrollado por la Universidad Nacional de Colombia. El proyecto consistió en el diseño y aplicación de una metodología para la evaluación, mediante índices o indicadores compuestos, factores esenciales de la vulnerabilidad de los países ante fenómenos naturales peligrosos y evaluar el desempeño de la gestión del riesgo de desastre.

<http://idea.manizales.unal.edu.co/ProyectosEspeciales/bid2/espanol/indicadores.html>

15.10.2008])

[visita

9.2. Introducción a las tecnologías de la información geográfica en el análisis de la vulnerabilidad y evaluación de daños postcatástrofe

La información geográfica tiene una gran relevancia en la planificación, gestión, explotación, análisis y gobernanza del territorio. Los mapas son instrumentos de representación, consulta y análisis de la información geográfica que dan apoyo a la toma de decisiones en distintas disciplinas con incidencia territorial: urbanismo, planificación y gestión de recursos (agrícolas, forestales, medioambientales, infraestructuras, equipamientos, etc.), ordenación territorial, evaluación y gestión de riesgos naturales y tecnológicos, etc.

Para el caso concreto de los riesgos territoriales, gran parte de la información necesaria para dar apoyo a las distintas fases del ciclo de los riesgos (evaluación peligrosidad, cálculo de vulnerabilidad, evaluación riesgos, gestión emergencia, actividades mitigación) es de tipo geográfico y hace referencia diversos aspectos del territorio como: la geología, factores climáticos y meteorológicos, la topografía, el suelo, la vegetación, el uso del territorio, las infraestructuras y los equipamientos, la población, variables socioeconómicas, etc. Asimismo, los desastres poseen siempre una manifestación territorial que no respeta ninguna frontera geográfica sea natural (comarcas físicas, topografías, hidrografía, etc.) o artificial (límites administrativos, zonas de planeamiento, etc.). El ámbito geográfico de afectación de los desastres naturales se advierte por los daños producidos en el patrimonio territorial, ambiental, social y económico de las regiones. Por ello, la dimensión espacial del desastre es un factor de máxima importancia en la valoración de sus efectos.

La aplicación de las tecnologías de la información al tratamiento de la información geográfica (Tecnologías de la Información Geográfica: TIG) ha contribuido a mejorar las tareas de visualización, gestión, análisis y difusión de información territorial. En la actualidad el uso de la cartografía se ha potenciado enormemente a través de Internet y sus aplicaciones se han multiplicado abarcando numerosas disciplinas.

Las tecnologías de la información geográfica (TIG) son un conjunto de instrumentación y técnicas basadas en el uso de la informática y las telecomunicaciones especializadas en el tratamiento de la información geográfica. En las TIG se incluyen los Sistemas de Información Geográfica (SIG o GIS), la teledetección (Remote Sensing), los Sistemas de Geoposicionamiento (GPS, Galileo, etc.) así como se apoyan en el uso de otras técnicas y métodos complementarios.

Las TIG constituyen una tecnología fundamental en el análisis de los riesgos territoriales y resultan de gran utilidad en el análisis de la vulnerabilidad frente a peligros naturales y en la evaluación de daños postcatástrofe. Entre las diversas posibilidades que ofrecen en esta temática destacamos las siguientes:

- La captación de datos geográficos. Las TIG han supuesto una mejora considerable en el inventario de información territorial. En concreto la teledetección es una técnica orientada a

la captura masiva de información geográfica mediante la interpretación de imágenes captadas por sensores remotos (satélites) que posibilita el inventario de información territorial. También los sistemas de geoposicionamiento (GPS) han contribuido a la mejora en calidad posicional de la información y a facilitar el inventario rápido de datos geográficos.

Las TIG mejoran las tareas de inventario de información sobre los daños provocados por un evento catastrófico, sea mediante el uso de imágenes de satélite, cartografía de precisión con GPS, utilizando ortofotografía aérea de alta precisión, u otras técnicas. (ALTAN, 2001)(METTERNICH, HURNI, et al. ,2005)(DE LA VILLE, CHUMACEIRO DIAZ, et al. ,2002)(BHASKARAN, DATT, et al., 2004)(TAUBENBOCK, POST, et al., 2008)(SHOWALTER, 2001) (KING, OLTHOF, et al.,2005) (LI, WANG, et al.,2006).

Las TIG también permiten la derivación de variables territoriales a partir de información de base mediante la aplicación funciones analíticas variadas (pe. cálculo de cuencas hidrológicas a partir del modelo digital de elevaciones, cálculo de zonas próximas al epicentro de un terremoto, etc). (CHAU, SZE, et al. ,2004)(PEROTTO-BALDIVIEZO, THUROWW, et al., 2004)(LAN, ZHOU, et al., 2004)(KAUAAHIKAUA, MARGRITER, et al.,1995).

- El almacenamiento y la gestión de información. Las TIG incluyen el uso de sistemas gestores de bases de datos (SGBD para la estructuración de la información geográfica que mejora en gran medida su uso y tratamiento) (ORACLE, SQL-Server, Postgres, etc). Los datos se almacenan siguiendo comúnmente un modelo relacional de tablas (combinando información geográfica y alfanumérica) lo cual mejora sustancialmente su consulta, actualización y posterior explotación.

El análisis de la vulnerabilidad territorial frente a desastres requiere contar con numerosa información relativa a los distintos elementos del territorio (población, infraestructuras, medio ambiente, etc.), de los peligros, de las catástrofes y sus efectos. Esta información será gestionada convenientemente mediante el uso de un Sistema Gestor de Base de Datos. Para el almacenamiento y gestión del componente geográfico de los datos los SGBD cuentan con funcionalidades específicas (pe. Oracle Spatial, ArcSDE, PostGIS, etc) (HEROLD, SAWADA et al. ,2005).

- El análisis y modelización de la información. La TIG incorporan técnicas de análisis espacial cuya aplicación mejora en gran medida el diagnóstico de las variables territoriales y sus relaciones. En especial, las técnicas de superposición cartográfica dan lugar a cartografías de síntesis que ayudan a analizar el comportamiento de las variables geográficas y pueden representar aspectos territoriales complejos. Además incluyen técnicas de análisis geoestadístico, la modelización cartográfica, técnicas de simulación, etc.

El análisis de la vulnerabilidad y la evaluación de daños requieren la aplicación de técnicas de análisis y modelización.(PEROTTO-BALDIVIEZO, THUROWW, et al.,2004)(MINCIARDI, SACILE, et al., 2006)(TAMURA, YAMAMOTO, et al.,2000)(CLARK,2002).

- La representación de la información geográfica. Las TIG incluyen sistemas de cartografía automática para la generación automatizada de mapas. A partir de la información contenida en la base de datos espacial que ha sido convenientemente analizada es posible la generación automática de productos cartográficos complejos.

Las TIG se utilizan para la cartografía de las componentes del riesgo: peligrosidad, vulnerabilidad, exposición, etc. y de la cartografía de las catástrofes.

- El acceso generalizado a la información geográfica. La mejora en las comunicaciones, especialmente el uso de internet ha dado lugar a la creación de instrumentos para la búsqueda, consulta, visualización, y análisis de información geográfica de manera distribuida a través de la red. Ello ha contribuido decisivamente a una demanda masiva de productos cartográficos actualizados que sirven de base para la localización y la consulta y el análisis del territorio.

Existen numerosas experiencias en la creación de servicios cartográficos e infraestructuras de datos espaciales en el ámbito del análisis de los riesgos y vulnerabilidades, así como en la gestión de catástrofes.

- Participación pública. Internet ha supuesto además de una mejora en la búsqueda, consulta, acceso y análisis de datos, la posibilidad de establecer un modelo de participación abierto a la población que recoge las opiniones y aportaciones en materia geográfica de la comunidad social.

Las TIG poseen un amplio abanico de aplicaciones en la planificación y gestión de recursos territoriales así como en la investigación científica y tecnológica que guarda estrecha relación con la evaluación de la vulnerabilidad y evaluación de daños postcatástrofe. Entre las que destacamos las siguientes:

- Recursos naturales (agricultura, arqueología, gestión ambiental, gestión forestal, gestión marina/costera, minería, gestión petrolera, riesgos)
- Transporte (sistemas de transporte, redes, logística, flotas,etc)
- Servicios (Electricidad, gas, agua, etc)
- Negocios (localización estratégica, análisis demanda)
- Comunicaciones (Servicios localización, telecomunicaciones)
- Defensa (Inteligencia, estrategia, control flotas, etc)
- Educación (Universidades, bibliotecas, museos, colegios, etc)

- Ingeniería (Topografía, ingeniería civil)
- Gobierno (Planeamiento, catastro, urbanismo, infraestructuras, servicios, salud, educación, seguridad pública, desarrollo sostenible, etc).
- Y también existen numerosas experiencias en el campo que particularmente nos ocupa; la vulnerabilidad y la evaluación de daños, que se incluye en el área de la Evaluación y gestión de riesgos y desastres. Este campo ha constituido un área de aplicación básica desde la propia aparición de los SIG hace más de tres décadas y son muchos los ejemplos de aplicación al análisis de peligros, análisis de vulnerabilidades, gestión de la emergencia. (CARRARA, CARDINALLI, et al. ,1995)(CROMPVOETS, BREGT, et al., 2008)(RENDSCHLER, 2005)(ZERGER & WEALANDS, 2004)(GENELETTI, , 2004)(CARRARA, GUZZETTI, et al. , 1999)(VOSS, 2004)(CHEN, BLONG, et al., 2001)(PEREIRA & DUCKSTEIN, 1993)(MALCZEWSKI J., 1996)(OHLMACHER & DAVIS , 2003)(CHAU, SZE, et al., 2004)(PEROTTO-BALDIVIEZO, THUROWW, et al.,2004)(LAN, ZHOU, et al., 2004),(ZERGER & INGLE SMITH, 2003),(AL-SABHAN, MULLIGAN, et al., 2003), (DAI, LEE, et al., 2001), (JAISWAL, MUKHERJEE, et al. ,2002)(ILMAVIRTA, 1995)(ZERGER, 2002)(MURAT, RIVERA, et al., 2004)(DE LA VILLE, CHUMACEIRO DIAZ, et al., 2002)(CUTTER, 2003)(CHEN, BLONG, et al. ,2003)(HUNTER, 1998),(COVA, 1999), (ESRI, 2000), (GUNES & KOVEL, 2000)(ROPER & MAYS, 1999)(LI, WANG, et al., 2006).

El desarrollo y uso de la TIG en el ámbito científico ha ido configurando un amplio cuerpo de conocimientos multidisciplinar conocido como Ciencias de la Información Geográfica (CIG). Las CIG poseen una fuerte componente de la geografía como disciplina científica, pero incluye Asimismo numerosos aspectos de otras áreas; matemáticas, estadística, informática, arquitectura, paisajismo, econometría, etc.

Es importante destacar un importante trabajo realizado en 2006 en el establecimiento de un cuerpo de conocimientos científicos y tecnológicos en el marco de la información geográfica, estamos hablando del “ **Geographic Information Science and Technology Body of Knowledge** (GIS&T Body of Knowledge) editado por [David DiBiase](#) (Editor) y siete profesores más y publicado por el University Consortium for Geographic Information Science (UCGIS) (<http://www.ucgis.org/> [visitado 11.09.2008]). El trabajo representa un gran esfuerzo de sistematización de las Ciencias y Tecnologías de la Información Geográfica (CTIG) y supone un importante paso adelante en el reconocimiento de las CTIG como disciplina científica y en su delimitación conceptual y tecnológica.



Figura 9.1. Ciencias y Tecnologías de la Información Geográfica, punto de convergencia de diversas disciplinas científicas relacionadas con el uso de la información geográfica.

Las TIG constituyen un ámbito tecnológico y conceptual de la geografía. Tal y como señala la página Web de la AGE:

“La tecnología geográfica constituye una pieza imprescindible en el ámbito académico y profesional para los geógrafos. Su complejidad y la creciente demanda social exigen el dominio de unas poderosas y sofisticadas herramientas que facilitan abordar la captura de información espacial, la ejecución de análisis avanzados y el desarrollo de aplicaciones en planificación y gestión.” <http://www.ieg.csic.es/age/metodos/presentacion.html>

Para representar el papel de las ciencias de la información geográfica en la gestión de desastres ESRI propone un modelo gráfico que recogemos en la figura X.

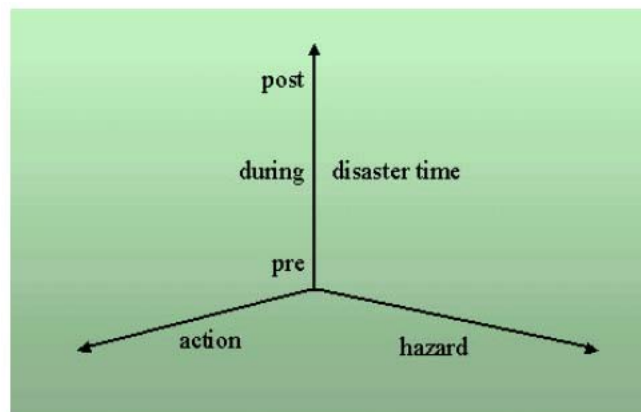


Figura 9.2. Paradigma del uso de las Ciencias de la Información Geográfica en su aplicación al estudio de los peligros y el desastre.
 Fuente : (ESRI, 2000, pp.2.)

En dicho modelo, el eje uno, representa los peligros tanto naturales (terremotos, deslizamientos, inundaciones, huracanes, tsunamis, etc.) como peligros inducidos por el hombre (epidemias,

guerras, explosiones, fuegos, derrames, etc.). En el segundo eje se representaría el tiempo, en el cual deben tomarse acciones para prevenir (*proactive-risk assessed*), durante el evento (*reactive-response*) y post-evento (*reactive-recover*). El tercer eje representa las acciones tomar mediante aplicación de las TIG a la evaluación, preparación de la emergencia, respuesta, prevención, planeamiento, mitigación, gestión, etc. (ESRI, 2000)

Las TIG comprenden tres tecnologías principales que son: los sistemas de información geográfica, la teledetección y los sistemas de geoposicionamiento. Pero es habitual que a dichas tecnologías se complementen con otras técnicas y métodos (estadística, modelización matemática, etc). La teledetección y los sistemas de geoposicionamiento se consideran tecnologías orientadas a la captación de información geográfica. Dicha información, una vez validada y estructurada será integrada a la base de datos de los SIG y podrá ser posteriormente analizada mediante instrumentos de análisis espacial.

Las principales características de las TIG y su relación con el campo temático que nos ocupa se recogen a continuación:

Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Existen multitud de definiciones de los SIG. El National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA) lo concibe como: “ Un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión” (NCGIA, 1990) (<http://www.ncgia.ucsb.edu/> [02.10.2008])

Los SIG son instrumentos especializados en el análisis independiente o conjunto de las tres componentes de la información geográfica: locacional, temática y temporal. Gran parte de la información referida a la vulnerabilidad y al daño es de tipo geográfico y posee implícitamente dichas dimensiones por lo que el uso de los SIG es especialmente idóneo.

Los SIG utilizan dos modelos de datos para representar la realidad geográfica: el modelo raster y el modelo vectorial. En el modelo *raster* se representa el territorio mediante un conjunto de celdillas de tamaño homogéneo cada una de las cuales adquiere un valor numérico único representativo del valor en función atributo que representa. En cambio, modelo vectorial simplifica la realidad territorial en tres elementos geométricos: el punto, la línea y el área. Las variables territoriales quedarían representadas utilizando uno de dichos atributos pe. Las carreteras podrían quedar representadas mediante líneas, o los usos del suelo mediante polígonos. Asimismo, los SIG representan la variabilidad de atributos o variables del territorio mediante capas o niveles de información. De esta forma, se hablaría de capas de información de carreteras, de usos del suelo, de urbanismo, de peligro de inundación, de vulnerabilidad, de riesgos, etc.

Los SIG se construyen en base a un Sistema de Información por lo que incluyen funcionalidades para el almacenamiento, recuperación y análisis de datos. Es habitual que utilicen Sistemas Gestores de Bases de Datos Relacionales (SGBDR) para la gestión de la información (pe. ORACLE, SQL-Server, etc).

La información relativa a la vulnerabilidad y al daño postcatástrofe se inscribe en el dominio de los riesgos territoriales y a la gestión de desastres y abarca un amplio conjunto de aspectos:

- Relativos al territorio.
 - o Factores físicos, sociales, económicos, ambientales. Atributos y distribución.
 - o Vulnerabilidad intrínseca de los elementos del territorio.
 - o Vulnerabilidad específica de los elementos a los distintos tipos de peligro.
 - o Valor económico de los elementos del territorio.
 - o Grado de exposición al peligro de los elementos territoriales.
- Relativos a los peligros. Distribución geográfica de los peligros.
- Relativos a los riesgos. Integración peligros con vulnerabilidades. Planes de prevención de riesgos.
- Relativos a las catástrofes. Localización (area de afectación, evolución temporal) caracterización.
- Relativos a la gestión de la emergencia. Localización y caracterización de los recursos de la emergencia. Planes de emergencia.

Este conjunto contenidos dará lugar a una base de datos geográfica de vulnerabilidad territorial compleja, formada por numerosas capas de información, que pueden utilizar modelos híbridos de datos: raster-vector, que incluyen información dinámica (con datos que cambian rápidamente en el tiempo) y además puede contener información geográfica de precisión variable en función de las escalas geográficas que tomen como base.

Las capacidades analíticas de los SIG es sin duda su punto fuerte y lo que le distingue de otras tecnologías que también hacen uso de la información geográfica (pe. CAD -*Computer Assisted Design*-, Diseño asistido por ordenador, sistemas de cartografía automática, etc.). Son muchas las funcionalidades incorporadas a los SIG para el análisis de la información:

- Funciones para el análisis del componente temático de la información
- Funciones para el análisis del componente geográfico de los datos.
- Funciones para el análisis integrado componente temático/geográfico/temporal de la información.
- Funcionalidades de modelización

Se viene repitiendo desde hace décadas que los SIG se utilizan masivamente en la gestión de la información geográfica dejando más de lado su utilización como instrumentos analíticos. Por ello, los métodos de análisis espacial implementados en los paquetes de software tradicionales

son relativamente pobres y se ha señalado reiteradamente la necesidad de seguir mejorando. Respecto a esta cuestión Coppock apuntaba *“It’s generally recognised that current commercial GIS have limited functionality, which is largely limited to the capacity to overlay different coverages”* (COPPOCK 1995, pp.28).

La utilización de los SIG para la planificación territorial para la integración de factores ambientales ha sido conveniente probada en los últimos años. Los SIG facilitan la realización de las siguientes tareas:

- actualización de datos (cuestión clave para la gestión de riesgos),
- integración de factores físicos y socioeconómicos para la evaluación del peligro y la vulnerabilidad.
- apoyo a la decisión con la capacidad de proporcionar elementos de participación. (DAI, LEE, et al. ,2001)

Desde la aparición de los SIG hace ya más de tres décadas, su evolución tecnológica se ha vinculado al desarrollo de las tecnologías de la información y las comunicaciones. En la actualidad la eclosión de internet ha generalizado el uso del SIG por la red. Aplicaciones como *Google Maps o Google Earth, Yahoo Maps*, etc han tenido un impacto radical en la difusión de cartografía y el acceso a fuentes cartográficas diversas. Además se ha avanzado mucho en la estandarización de sistemas de documentación de la información geográfica (metadatos), así como en el acceso a bases cartográficas a través de la Web (Servicios cartográficos: WMS, WFS, <http://www.opengeospatial.org> [Consultado 12.10.2009). La importancia del acceso a las fuentes cartográficas a través de internet ha dado lugar al desarrollo de Infraestructuras de Datos Espaciales que estandarizan el acceso a la información geográfica a través de servicios cartográficos interoperables para la búsqueda, consulta, descarga de información geográfica, o la aplicación de funciones analíticas complejas. Se han elaborado normativas de ámbito nacional e internacional (A nivel Europeo: Directiva INSPIRE) obligando a los países a documentar la información geográfica de sus administraciones y hacerla pública a través de Internet..

Nos encontramos en un escenario tecnológico que beneficia en gran medida el análisis de la vulnerabilidad territorial a los peligros naturales y la evaluación de daños postcatástrofe. La información sobre el territorio y los peligros empieza a ser accesible lo cual mejora las tareas de planificación y contribuye a la reducción de la vulnerabilidad.

Teledetección

La teledetección se define como una técnica que permite adquirir y analizar imágenes de la superficie terrestre, desde sensores instalados en plataformas espaciales.

El sistema de teledetección utiliza la interacción energética entre el Sol y la Tierra. La energía solar una vez llega a la superficie terrestre se refleja en unas determinadas frecuencias. Ese

reflejo es captado por un satélite en diversas longitudes de onda y permite conocer las propiedades de los objetos que se encuentran sobre la cubierta terrestre.

Un sistema de teledetección posee los siguientes componentes:

- Fuente de energía. Es el origen del flujo energético que posteriormente será captado por el sensor. Normalmente es el Sol, pero también pueden utilizarse sensores activos que envían ellos mismos una energía a la superficie terrestre donde rebota y luego es captada.
- Cubierta terrestre. Contiene diversos tipos de ocupación del suelo de características diversas las cuales se desea conocer.
- Sensor. Sistema de captación de la energía que recibe desde la superficie terrestre proveniente del sol u otra fuente de energía. Existen diversos tipos de sensores en función de su resolución espacial (tamaño pixel), resolución espectral (nº de bandas), resolución temporal (días que se tarda en recibir) , etc.
- Sistema de recepción terrestre. Es el lugar a donde los sensores envían sus imágenes.
- Analista. Utiliza las imágenes para proporcionarle un tratamiento digital o visual que permite identificar las características de la cubierta terrestre.

La teledetección es una tecnología de la información geográfica de probada eficacia en el análisis de peligros naturales y tecnológicos, así como en la evaluación rápida de daños provocados por un desastre. Numerosos estudios en los últimos decenios han validado la efectividad de las técnicas de teledetección en la recogida de información para la gestión de desastres. Las imágenes Landsat han sido usadas profusamente para delimitar y evaluar zonas inundadas. Radarsat, Spot y otros sensores han sido utilizados en combinación para la estimación de la permeabilidad del suelo, la caracterización de usos del suelo que son utilizadas como entradas en modelos hidrológicos o sistemas de conservación de suelos como HEC, STORM, MIKE, etc. Asimismo el empleo de satélites para la predicción meteorológica y sistemas de alerta temprana frente a inundaciones. En especial el NOAA plano y geoestacionario proporciona cobertura del tiempo diaria en gran parte del mundo. Existen técnicas de predicción de formación de nubes y precipitación (BILLA, MANSOR, et al., 2004)

Showalter realiza un análisis sistemático de la aplicación de la teledetección en el ámbito del peligro y la investigación de los desastres. Concluye que la teledetección es una técnica usada para detectar, identificar, cartografiar, inventariar y monitorizar los peligros existentes y sus efectos. En segundo término señala que facilita el análisis de daños, mejora el planeamiento y proporciona información para la mitigación, preparación, respuesta y sistemas de alerta. (SHOWALTER, 2001)

En este sentido Zhang señala “ *RS images, wich cover very large areas of the surface of the Earth, can be acquired at regular time intervals at relatively low cost. When these are supplemented with non-RS data, it is easy and efficient to survey the evolution of natural disasters.* “(ZHANG, ZHOU, et al. , 2002, pp.34)

Sistemas de Geoposicionamiento

A partir de las investigaciones del Departamento de Defensa de los Estados Unidos se puso en marcha el sistema GPS (Global Positioning System) con objeto de facilitar a sus unidades móviles la posibilidad de obtener su posición geográfica con gran exactitud.. Ello supuso importantes ventajas para las tropas norteamericanas en la Guerra del Golfo y en unos años la tecnología se cedió al sector civil.

Hoy en día la tecnología GPS está siendo utilizada en numerosos ámbitos: control de flotas, inventarios, orientación y navegación, seguimiento de animales, cartografía de precisión, etc.

La tecnología GPS consta de tres componentes: el segmento espacio, el segmento de control terrestre y el segmento de usuario.

- Segmento espacial. Comprende la constelación NAVSTAR formada por 24 satélites que giran alrededor de la Tierra. Se hallan distribuidos en 6 órbitas planas, con una inclinación de 55 grados respecto al plano ecuatorial. El período de rotación completo es de 12 horas y giran a una altitud aproximada de 11.000 millas. En cualquier posición terrestre es posible disponer de 5 a 8 satélites visibles.

- Segmento de control terrestre. Consisten en cinco estaciones de seguimiento en la superficie terrestre que controlan las señales emitidas por los satélites y corrigen posibles errores. Para ello cuentan con relojes de alta precisión y se ubican en localizaciones cercanas al plano ecuatorial.

- Segmento usuario. Lo integran los receptores GPS que registran la señal emitida por los satélites para el cálculo de su posición.

Los GPS han revolucionado los sistemas de navegación, control de flotas y la captación de información geográfica en tiempo real sobre la superficie terrestre. Corrientemente los GPS incorporan un sistema colector de datos que permite añadir atributos numéricos o alfanuméricos a las posiciones geográficas. De esa manera se realiza el inventario de información geográfica en tiempo real.

Los GPS son de gran utilidad el inventario de daños postcatástrofe al posibilitar el inventario preciso de las localizaciones dónde se han producido los daños. En la gestión de la emergencia también pueden ayudar a la gestión de las flotas de vehículos de seguridad.

9.3. Metodología desarrollada para la obtención del peligro de deslizamiento de la isla de Mallorca

Para analizar el peligro de deslizamiento de Mallorca se han tenido en cuenta tres variables.

Cada variable tiene n categorías que se valoran de 1 a n como máximo, según supongan menor o mayor riesgo.

Cada variable se pondera según sea su influencia en el comportamiento del terreno frente al deslizamiento. Entonces el valor final de cada categoría resulta de multiplicar su valor (entre 1 y n) por el factor de ponderación de la variable a la que pertenece.

Las variables consideradas se comentan a continuación, indicando factor de ponderación, categorías, valoraciones y valoraciones ponderadas..

A) Pendiente.

Se le asigna un factor de ponderación de 6.

Se consideran cinco categorías con las siguientes valoraciones y valoraciones ponderadas:

Pendiente	Valor	Valor ponderado
0 – 5 %	1	6
5 – 10 %	2	12
10 – 20 %	3	18
20 – 35 %	4	24
> 35 %	5	30

B) Litología.

Se le asigna un factor de ponderación de 8.

Se consideran las categorías del mapa litológico, con las siguientes valoraciones (que indican vulnerabilidad) y valoraciones ponderadas:

Litología	Valor	Valor ponderado
Embalses y otros	0	0
Margas y rocas volcánicas	8	64
Margas y margocalizas	8	64
Margas con calcarenitas inrtercaladas	6	48
Cuarzoarenitas y lutitas rojas	3	24
Margas y calizas con lignitos puntuales	4	32
Margas, conglomerados y yesos	6	48
Limonitas y calcarenitas	1	8
Conglomerados y margas	3	24
Calcarenitas con conglomerados y yesos	1	8
Calizas dolomías y brechas carbonatadas	1	8
Calizas arrecifales	1	8
Calcarenitas bioclásticas	1	8
Depósitos de carácter aluvial	6	48
Formaciones superficiales y coluviales calizas	4	32
Arenas eólicas y de playa	4	32
Arcillas rojas en suelos desarrollados	8	64
Limos arcillosos ricos en materia orgánica	8	64
Dolomías y margas	3	24

C) Intensidad de precipitación.

Se le asigna un factor de ponderación de 3.

Se consideran las siguientes categorías, con su valoración y valoración ponderada.

Precipitación	Valor	Valor ponderado
0 – 400 mm.	1	3
400 – 600 mm.	2	6
+ 800 mm.	3	9

El mapa final de **riesgo de deslizamiento** se obtiene de combinar los tres mapas que se obtienen con las variables arriba comentadas. Se considera que las pendientes influyen el doble que las demás variables en la potencialidad de deslizamiento y entonces la combinación de mapas es como sigue:

$$\text{Peligro Deslizamiento} = 2 \cdot [\text{Pendientes}] + [\text{Litología}] + [\text{Precipitación}]$$

9.4. Componentes del paisaje de Baleares y peligros naturales

El concepto de paisaje integra el medio natural (abiótico, biótico), el medio humano (y su incidencia a lo largo del tiempo), los factores visuales y estéticos, así como aspectos subjetivos relacionados con su percepción. (BOLÓS, 1992; GONZALEZ BERNÁLDEZ, 1981).

Baleares cuenta con un patrimonio paisajístico de gran valor desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo. Los principales factores responsables de esta afirmación son entre otros: su geomorfología, la extensión y estado de conservación de sus espacios naturales y rurales, la existencia de núcleos rurales tradicionales, la calidad y abundancia de patrimonio arquitectónico y cultural, la singularidad y espectacularidad de las vistas y su gran diversidad de ambientes. Es evidente que son muchos los factores que intervienen en su valoración, pero su integración no es sencilla. Hay numerosas referencias de estudios de carácter geográfico de las diferentes componentes del paisaje balear (geología, vegetación, hidrología, topografía, litoral, usos del suelo, etc) (BACARIA, 1999; BOLÓS, O. de 1996; RIVAS-MARTÍNEZ, S. et. al. ,1987, 1992; FORNÓS, J.J., 1988; ROSSELLÓ VERGER, 1977; etc.) pero son más escasos los estudios integrados del paisaje (ROSSELLÓ Y VERGER 2006, RULLAN, 2003, etc).

Normalmente los diagnósticos paisajísticos en Baleares de tipo regional identifican y describen de unidades paisajísticas a partir de la integración del factor topográfico y la ocupación del suelo. Así, el Atlas de los Paisajes Españoles (MATA, 2007) identifica las siguientes unidades paisajísticas en Baleares: lles menores e islotes balearicos, llanuras litorales de Mallorca, llanuras interiores de Mallorca, Bahías de Mallorca, Sierras béticas mallorquinas, pequeñas sierras y cerros, llanuras de las Pitiüsses, llanuras de Menorca. MOREY y otros al 1987 consideró la actividad turística en la definición de unidades territoriales: zonas de presión intensa, zonas de presión estival intensa y baja en invierno, zonas de presión moderada, áreas sin presión turística significativa y áreas de presión de segunda residencia. RULLAN (2004) no habla propiamente de paisajes sino de unidades territoriales e incorpora como variables la influencia de Palma y la actividad turística del territorio obtiene ocho unidades territoriales por Mallorca: montaña metropolitana, turística, montaña metropolitana interior, montaña rural interior, montaña rural turística, plan rural turístico, plan metropolitano turístico, plan metropolitano interior, y plan rural interior.

Estos tipos de clasificación territorial mantienen una estrechada relación con las diferentes propuestas de división comarcal realizadas en Baleares y ponen de relieve la gran importancia del carácter insular, la notoriedad de la topografía, la relevancia del medio natural y la actividad agrícola así como también la existencia de una actividad turística responsable de un modelo de crecimiento basado en la urbanización de las zonas costas.

Otros estudios del paisaje balear analizan otros componentes más estéticos del paisaje como las características visuales del territorio, la geometría de los elementos degradados, etc.

(GOBIERNO BALEAR, 1997). Estos trabajos en general han tenido escasa incidencia en la planificación territorial y turística de Baleares.

La actividad turística ha sido crítica en la configuración del paisaje balear actual especialmente por su incidencia a los últimos 50 años. Sus principales efectos territoriales han sido la fuerte urbanización del litoral, la construcción de equipamientos e infraestructuras (carreteras, campos de golf, puertos deportivos, aeropuertos y otros equipamientos,...), pero también el abandono agrícola, el crecimiento de los núcleos de población tradicionales y mucho otros directos o indirectos

Ocupación del suelo

La ocupación del suelo es uno de los principales factores configuradores del paisaje. Las Islas Baleares tienen una extensión aproximadamente de 500.000 hectáreas, lo cual representa el 1% de la superficie total de España. Mallorca ocupa el 72,8%, Menorca el 13,9 %, Ibiza el 11,4 % y Formentera el 1,6%. Por lo tanto la superficie de Menorca es del 20% de Mallorca, la de Ibiza del 15% y la de Formentera el 2,2 %.

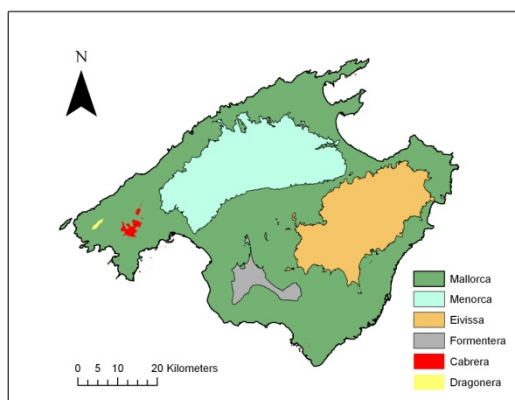


Figura 9.3. Tamaño relativo de las Islas del Archipiélago Balear

Una de las fuentes de datos más actualizada sobre ocupación del suelo en Baleares es proporcionada por el proyecto europeo Corine Land Cover (European Environmental Agency, 2000) de en el año 2000 muestran que la mayor parte de su superficie está ocupada por zonas agrícolas (57,5%) (secano arbolado y no arbolado). Se trata mayoritariamente de cultivos anuales asociados a cultivos permanentes (39,3%), con presencia variable cultivos herbáceos de secano (15,9%) y una aparición dispersa de mosaico de cultivos (14,7%). Las zonas forestales se extienden por un total del 35,5% de su territorio y las zonas húmedas y superficies de agua abrazan el 0,7%. El bosques de coníferas dominan mayoritariamente el paisaje vegetal con un 38,8% del total forestal, seguido por zonas de matorral con vegetación esclerófila (22%) y por el matorral con boscoso de transición (19,7%). La presencia del *Pinus halepensis* es mayoritaria

a las superficies forestales llegando al 60,7% seguido por los acebuches (19,6%) y los alzinars (14,2 %) (MIMAM, 2002).

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Hectáreas	% Nivel I	% Nivel II	% Total
Superficies agua	Aguas continentales	Cursos de agua	4,25	1,36	0,5	0,00
		Láminas de agua	307,96	98,64	34,4	0,06
	Aguas marinas	Lagunas costeras	582,44	100,00	65,1	0,12
TOTAL :			894,65		100,0	0,18
Superficies artificiales	Zonas extracción minera, vertederos y áreas en construcción	Vertederos	45,59	4,71	0,1	0,01
		Zonas en construcción	615,65	63,66	2,0	0,12
		Zonas extracción minera	305,88	31,63	1,0	0,06
	Zonas industriales, comerciales y de transporte	Aeropuertos	1.157,22	32,54	3,7	0,23
		Redes viarias y ferroviarias	502,00	14,12	1,6	0,10
		Zonas industriales y comerciales	1.416,76	39,84	4,6	0,28
		Zonas portuarias	479,94	13,50	1,5	0,10
	Zonas urbanas	Tejido urbano continuo	7.971,91	31,92	25,7	1,60
		Tejido urbano discontinuo	17.002,09	68,08	54,9	3,41
	Zonas verdes artificiales	Instalaciones deportivas-recreativas	1.492,75	100,00	4,8	0,30
TOTAL :			30.989,78		100,0	6,21
Zonas agrícolas	Cultivos permanentes	Frutales	28.081,23	81,36	9,8	5,63
		Olivar	6.180,16	17,91	2,2	1,24
		Viñedos	252,94	0,73	0,1	0,05
	Prados y praderas	Prados y praderas	4.511,65	100,00	1,6	0,90
	Tierras de cultivo	Regadío	17.511,28	27,78	6,1	3,51
		Secano	45.519,60	72,22	15,9	9,13
	Zonas agrícolas heterogéneas	Cultivos anuales asociados	112.680,77	60,95	39,3	22,59
		Mosaico de cultivos	42.206,79	22,83	14,7	8,46
		Zonas agrícolas con zonas naturales y seminaturales	29.990,29	16,22	10,5	6,01
TOTAL :			286.934,69		100,0	57,53
Zonas forestales	Bosques	Bosque mixto	13.879,70	14,60	7,8	2,78
		Bosque coníferas	68.720,93	72,29	38,8	13,78
		Bosque frondosas	12.456,23	13,10	7,0	2,50
	Espacios abiertos con escasa vegetación	Zonas abiertas de vegetación escasa	362,33	9,79	0,2	0,07
		Playas dunas y arenales	696,82	18,84	0,4	0,14
		Roquedos	2.416,25	65,31	1,4	0,48
		Zonas quemadas	224,16	6,06	0,1	0,04
	Espacios con vegetación arbustiva o herbacea	Matorral, bosque de transición	34.880,01	44,51	19,7	6,99
		Matorral esclerófilo	38.906,44	49,65	22,0	7,80
		Pastos naturales	4.579,56	5,84	2,6	0,92
TOTAL :			177.122,44		100,0	35,51
Zonas húmedas	Zonas húmedas litorales	Marinas	2.060,07	73,12	73,1	0,41
		Salinas	757,36	26,88	26,9	0,15
TOTAL :			2.817,43		100,0	0,56

Tabla 9.1. Ocupación Suelo Baleares

Font : Elaboración propia a partir de Corine Land Cover 2000 (European Environmental Agency)

Las fechas de en el año 2000 confirman que el 93,7 % de las Baleares son zonas rurales y naturales. Por lo tanto las zonas artificializadas (urbanas e infraestructuras) son poco más del 6 % del territorio. Estas áreas están constituidas mayoritariamente por zonas urbanas (85%). Las redes e infraestructuras de transporte llegan al 6,9% lo cual supone un caso único a nivel español (Instituto de Sostenibilidad, 2008). Pons Esteva (2004) detalla ocupaciones en torno al 0,5% de canteras y campos de golf.

La distribución de la ocupación del suelo por islas muestra que Ibiza es la isla que presenta en proporción mayor grado de superficies artificiales (7,2%), después Menorca con un 6,2 %, Mallorca con un 6,1 % y finalmente Formentera con un 3,8 %. Los espacios agrícolas son mayoritarios en proporción en Mallorca (58,9%) y Menorca (57,2%), mientras Formentera (50,1%) e Ibiza (49,8%) ocupan menor extensión. En proporción, Ibiza (41,8%) y Formentera (40,7%) son las islas más boscosas frente en Menorca (36,1%) y Mallorca (34,2%).

Estos datos establecen un modelo de isla balear con las siguientes proporciones: 6 % de superficies artificiales, 54 % de zonas agrícolas, 38 % zonas boscosas naturales, 2% zonas húmedas y aguas interiores. Se importando destacar la existencia el mantenimiento equilibrado de estas proporcionas para las tres islas mayores del archipiélago.

El carácter insular del territorio balear es sin duda uno de los principales condicionantes paisajísticos. Baleares cuenta con un total de 1.428 Km. de costa. Mallorca incluye el 43,2 % de este total, Menorca el 20% e Ibiza el 16,7%, Formentera el 5,9 %, Cabrera el 2,8 % y el resto de islotes el 9,9 %. Son proporciones mucho elevadas frente en otras regiones españolas.

La primera franja costa 0-1 km está ocupada mayoritariamente por zonas forestales (54,8%) en segundo término agrícolas (25,5%) y el 17,2% de zonas urbanizadas. Esto supone que el 45,3 % de las zonas urbanizadas se encuentran en el primer kilómetro de la costa y el 75% a menos de 5 km. Este hecho evidencia la fuerte presión urbanizadora que sufre la zona costa. Mallorca es la isla con la mayor presión antrópica con un 20,6% de ocupación de 0 a 1000 m., la sigue Ibiza con un 17,9%, Menorca 14,8 y finalmente Formentera con un 4,4 %.

La actividad turística ha sido y continúa siendo responsable de esta presión urbanizadora a la zona costa. El desarrollo de un modelo turístico fundamentado en el producto “solo y playa” a conducido a una ocupación masiva del litoral. De hecho, la artificialización del territorio costero ha sido continúa desde el inicio de la actividad turística. En los primeros años, se manifestaba con la ocupación masiva de construcciones del frente marítimo, los años siguientes se derivó en la construcción de una segunda línea, y en la actualidad se continúa con una colonización progresiva de áreas interiores.

		0 - 1 Km.			1 - 2 Km.			2 - 3 Km.			3 - 4 Km.			4 - 5 Km.			5 - 10 Km.			+10 Km.		
		H.	%F	%C	H.	%F	%C	H.	%F	%C	H.	%F	%C	H.	%F	%C	H.	%F	%C	H.	%F	%C
Superficies agua	Aguas continentales	836,1	100,0	100,0	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0
	Agües marinas	20,0	6,4	4,9	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0
Superficies artificiales	Zonas de extracción minera, vetederos y zonas en construcción	389,2	66,8	95,1	193,2	33,2	100,0	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0
	Zonas industriales, comerciales y de transporte	371,0	38,4	2,6	119,1	12,3	3,3	48,6	5,0	2,1	55,7	5,8	2,7	26,2	2,7	2,0	233,6	24,2	5,3	112,9	11,7	3,4
Zonas agrícolas	Zonas verdes artificiales	906,3	25,5	6,5	605,4	17,0	16,8	558,2	15,7	24,5	446,6	12,6	22,0	305,7	8,6	23,0	465,9	13,1	10,6	267,9	7,5	8,1
	Cultivos permanentes	12.398,4	49,6	88,4	2.404,7	9,6	66,8	1.479,8	5,9	65,0	1.366,0	5,5	67,2	915,9	3,7	68,9	3.497,8	14,0	79,4	2.911,4	11,7	87,8
Zonas forestales	Prados y praderas	352,6	23,6	2,5	473,3	31,7	13,1	189,5	12,7	8,3	164,3	11,0	8,1	82,2	5,5	6,2	205,5	13,8	4,7	25,4	1,7	0,8
	Tierras de labor	2.144,3	6,2	10,3	4.012,0	11,6	14,5	3.708,2	10,7	15,1	4.537,5	13,1	18,7	4.298,1	12,5	19,2	9.424,7	27,3	12,8	6.389,4	18,5	6,8
Zonas húmedas	Zonas agrícolas heterogéneas	806,2	17,9	3,9	971,8	21,5	3,5	951,0	21,1	3,9	724,6	16,1	3,0	432,1	9,6	1,9	625,8	13,9	0,9	-	0,0	0,0
	Bosques	5.896,4	9,4	28,4	7.015,7	11,1	25,4	4.855,6	7,7	19,8	3.621,7	5,7	14,9	4.035,0	6,4	18,0	15.591,5	24,7	21,2	22.015,1	34,9	23,4
Zonas húmedas	Espacios abiertos con escasa o nula vegetación	11.924,2	6,4	57,4	15.628,4	8,5	56,6	14.994,4	8,1	61,2	15.357,7	8,3	63,4	13.630,3	7,4	60,9	47.825,0	25,9	65,1	65.517,8	35,4	69,8
	Espacios con vegetación arbustiva o herbácea	17.795,2	18,7	39,8	11.928,6	12,5	52,3	10.486,3	11,0	53,9	8.591,8	9,0	54,4	8.960,5	9,4	61,7	23.996,5	25,2	55,3	13.298,1	14,0	80,5
Zonas húmedas	Zonas húmedas litorales	1.920,6	51,9	4,3	29,9	0,8	0,1	65,8	1,8	0,3	167,2	4,5	1,1	219,1	5,9	1,5	1.207,9	32,7	2,8	89,1	2,4	0,5
	Zonas húmedas interiores	24.955,2	31,8	55,9	10.841,2	13,8	47,5	8.913,5	11,4	45,8	7.032,3	9,0	44,5	5.333,9	6,8	36,8	18.151,4	23,2	41,9	3.138,5	4,0	19,0
Zonas húmedas	Zonas húmedas litorales	837,4	29,7	100,0	706,3	25,1	100,0	650,4	23,1	100,0	392,6	13,9	100,0	206,1	7,3	100,0	24,8	0,9	100,0	-	0,0	0,0
	Zonas húmedas interiores	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 9.2. Usos / Proximidad costa

La proximidad a los núcleos de población condiciona los usos del suelo. En general, la periferia de las zonas urbanas sufre una fuerte presión urbanizadora. En Baleares a los primeros 500 metros de las zonas urbanas los usos artificiales suponen el 8,1% de la ocupación (Menorca 9,6%, Ibiza 8%, Mallorca 7,9%, Formentera 5%). Se presentan cascos urbanos con límites pocos definidos y que incorporan una periferia desordenada y caótica donde los usos urbanos ganan terreno siempre a los otros.

La distribución de los usos del suelo respecto al factor topográfico revelan que el 79% de las superficies artificiales se encuentran entre 0 y 100 metros y el 97% entre el 0 y 200 metros de altura. No hay ninguna superficie artificial por sobre el 600 metros. La actividad agrícola también es mayoritaria de zonas bajas, así el 94% de las áreas cultivadas se localizan en zonas hasta el 200 metros formados por mosaico de cultivos y correos de secano arbolado y no arbolado. Los olivares pueden llegar a los 700 metros pero normalmente se dan entre los 200 y 400 metros. Los regadíos no superan nunca el 300 metros. Las áreas forestales están presentes a todas las altitudes. El 80% de los bosques se localizan en zonas por debajo de los 300 metros. El modelo muestra como las áreas urbanas se localizan mayoritariamente en zonas bajas como compiten con los cultivos y las áreas naturales de bosque y matorral. Los cultivos a pesar de que también ocupan mayoritariamente zonas de escasa altura también pueden llegar a cotas más elevadas. Las zonas naturales han sido desplazadas de las zonas bajas, primero por la actividad agrícola, después por los usos urbanos. La actividad turística está ligada fundamentalmente a los usos urbanos y sus localizaciones son mayoritarias en zonas bajas.

					Hipsometría		HIPSOGRAFÍA (metros)									
Ocupacio		0-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600	600-700	700-800	800-900	900-1000	1000-110	1100-120	1200-130	+1300	
Superficie Aguas	H.	621,2	4,3					52,8	130,3	66,1	15,3	3,8	0,4			
	%C	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	3,4	2,6	1,0	0,6	0,1	0,0	0,0	
	%F	69,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	14,6	7,4	1,7	0,4	0,0	0,0	0,0	
Superficie s Artificiales	H.	24.236,3	5.512,8	574,7	125,3	114,8	10,0									
	%C	9,3	3,7	1,6	0,7	1,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	%F	79,3	18,0	1,9	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Zonas Agrícolas	H.	167.946,8	101.430,4	11.577,8	3.093,2	1.871,0	822,8	80,6	32,7	5,1	1,0					
	%C	64,2	67,8	32,6	18,4	17,1	9,8	1,5	0,8	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	
	%F	58,5	35,4	4,0	1,1	0,7	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Zonas Forestales	H.	66.001,4	42.695,0	23.341,5	13.597,0	8.942,3	7.531,4	5.378,2	3.715,5	2.512,4	1.480,7	623,4	285,6	145,0	52,0	
	%C	25,2	28,5	65,8	80,9	81,8	90,0	97,6	95,8	97,2	98,9	99,4	99,9	100,0	100,0	
	%F	37,4	24,2	13,2	7,7	5,1	4,3	3,1	2,1	1,4	0,8	0,4	0,2	0,1	0,0	
Zonas húmedas	H.	2.812,0														
	%C	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	%F	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	

Tabla 9.3. Usos / Topografía alturas

Respecto a las pendientes, el 62,5% de las zonas artificiales se encuentran a pendientes de 0 a 5% y se llega hasta el 80% en pendientes de hasta el 10%. A pesar de ello, aparecen zonas urbanizadas en áreas con fuertes pendientes (12% de las zonas urbanizadas tienen más de un 15%). Son zonas que normalmente sufren impactos paisajísticos notables derivados de actuaciones urbanísticas poco planificadas. Su localización se dispersa a las tres islas, si bien suelen aparecer en acantilados costeros y en las laderas de las montañas. Así como la altitud era criterio limitante de los usos urbanos, la pendiente no lo es. Las zonas con fuerte pendiente son

muy visibles y por lo tanto tienen un alcance visual elevado. La visibilidad es un factor buscado por los urbanizadores como componente de la valoración económica de sus inversiones inmobiliarias a pesar de los impactos paisajísticos derivados de las actuaciones.

% Pendiente		Superficies Agua	Superficies Artificiales	Zonas Agrícolas	Zonas Forestales	Zonas Húmedas
0-5	Hectàrees	679,4	19.352,9	189.836,6	33.567,5	2.795,5
	%Fila	0,3	7,9	77,1	13,6	1,1
	%Columna	76,4	62,5	66,2	19,1	99,2
5-10	Hectàrees	40,2	5.540,1	51.040,3	24.493,5	14,8
	%Fila	0,0	6,8	62,9	30,2	0,0
	%Columna	4,5	17,9	17,8	13,9	0,5
10-15	Hectàrees	23,5	2.325,9	19.505,1	17.366,2	4,6
	%Fila	0,1	5,9	49,7	44,3	0,0
	%Columna	2,6	7,5	6,8	9,9	0,2
15-20	Hectàrees	21,6	1.338,5	9.764,9	14.997,1	0,7
	%Fila	0,1	5,1	37,4	57,4	0,0
	%Columna	2,4	4,3	3,4	8,5	0,0
20-25	Hectàrees	18,2	862,1	5.664,3	13.713,2	1,1
	%Fila	0,1	4,3	28,0	67,7	0,0
	%Columna	2,0	2,8	2,0	7,8	0,0
25-30	Hectàrees	17,0	535,8	3.805,2	12.478,8	0,3
	%Fila	0,1	3,2	22,6	74,1	0,0
	%Columna	1,9	1,7	1,3	7,1	0,0
30-35	Hectàrees	15,6	343,0	2.617,7	11.294,2	0,2
	%Fila	0,1	2,4	18,3	79,1	0,0
	%Columna	1,8	1,1	0,9	6,4	0,0
35-40	Hectàrees	16,6	218,6	1.654,1	9.789,7	0,4
	%Fila	0,1	1,9	14,2	83,8	0,0
	%Columna	1,9	0,7	0,6	5,6	0,0
+40	Hectàrees	57,7	426,0	2.971,3	38.102,5	0,0
	%Fila	0,1	1,0	7,1	91,7	0,0
	%Columna	6,5	1,4	1,0	21,7	0,0

Tabla 9.4. Usos / Topografía pendientes

Las zonas agrícolas también se sitúan mayoritariamente en zonas de pendientes bajas (66,2% a áreas de 0-5%, y hasta el 84% en zonas de hasta el 10% de pendiente). A pesar de esta circunstancia, la actividad agrícola se da prácticamente en cualquier pendiente (9,2% de las áreas por encima del 15% de pendiente).

Las áreas forestales son más equilibradas en su distribución respecto a la pendiente, aunque son abundantes a pendientes bajas, puesto que el 33% de zonas naturales se encuentran en áreas por debajo del 10% de pendiente. A partir de este nivel, su presencia es mayoritaria frente a los otros usos. Por ejemplo por encima del 40% de pendiente, el 91,7% son zonas forestales, frente al 7% de áreas agrícolas y la 1% de zonas urbanizadas.

Protección Territorial

El territorio balear se encuentra protegido por varias leyes y normativas. La de mayor importancia en cuanto a superficie protegida es la Ley 1/1991 de 30 de enero de Espacios Naturales y Régimen Urbanístico de las Áreas de Especial Protección de las Islas Baleares modificada posteriormente por la Ley 1/2000 de 9 de marzo. Esta Ley establece tres tipos de zonas: ANEI: áreas naturales de Especial interés. Espacios que, por sus singulares valores naturales, ARIP: áreas rurales de interés paisajístico. Espacios transformados mayoritariamente por actividades tradicionales y que, por sus especiales valores paisajísticos. AAPI: áreas de asentamiento dentro de paisajes de interés. Espacios destinados a usos y actividades de naturaleza urbana que supongan una transformación intensa y que se declaren como tales por la Ley 1/1991, por sus singulares valores paisajísticos o por su situación. El 38,8 % del territorio está protegido bajo una figura de la LEN. El 32,7% es ANEI, 5,6 ARIP y 0,4 AAPI. Los ANEIs

son en su mayoría áreas forestales 76,1% y el 20,8% zonas agrícolas. Las áreas forestales protegidas son bosques 51,5% y matorrales (46%). El 65,4% de los ARIPs son zonas agrícolas, pero también incluyen un 31,8% de zonas forestales, en su mayoría bosques (68 %). Los AAPI son áreas ya en parte antropizadas (40,2%) , pero incluyen también zonas agrícolas (32,4%) y zonas forestales (27,4%).

El territorio no afectado por la LEN (unas 300.000 hectáreas) es en su mayoría agrícola (76,5%), y una parte forestal (14,3%) concretamente ocupada por bosques (57,7%) y matorrales (41,5%).

Por Islas, el territorio protegido por la LEN en Mallorca es del 37,7%, en Menorca el 39.9%, en Ibiza el 44,1% y en Formentera el 41,6 %. En Mallorca el 22 % de zonas forestales no están protegidas, mientras en Menorca llegan al 33,5%, en Ibiza el 26,1% y en Formentera el 25,4 %. Por lo tanto, importantes superficies espacios naturales y áreas rurales no están protegidos frente a posibles desarrollos urbanísticos. Tal vez el suelo más vulnerable sean las zonas agrícolas sin protección. En Mallorca, el 83,2 % de las zonas agrícolas no reciben ninguna protección de la LEN en Menorca el 74% en Ibiza el 77%

	Sense protecció			AAPI			ANEI			ARIP		
	H.	%F	%C	H.	%F	%C	H.	%F	%C	H.	%F	%C
Superfícies Aigua	91,2	10,2	0,0	.	0,0	0,0	803,2	89,8	0,5	.	0,0	0,0
Superfícies artificials	27.973,1	89,6	9,1	859,5	2,8	40,2	1.547,0	5,0	0,9	773,5	2,5	2,7
Zones agrícoles	234.180,2	81,5	76,5	693,7	0,2	32,4	34.116,7	11,9	20,8	18.480,9	6,4	65,4
Zones forestals	43.880,1	24,6	14,3	585,2	0,3	27,4	124.729,5	69,9	76,1	8.988,7	5,0	31,8
Zones humides	102,2	3,6	0,0	.	0,0	0,0	2.709,2	96,2	1,7	6,0	0,2	0,0

Tabla 9.5. Usos / Protección Territorial

Ley Espacios Naturales	Red Natura	Superfícies Agua			Superfícies Artificiales			Zonas Agrícolas			Zonas Forestales			Zonas Húmedas		
		H.	%F	%C	H.	%F	%C	H.	%F	%C	H.	%F	%C	H.	%F	%C
	NO	90,4	99,1	0,0	27.757,1	99,2	9,1	233.452,5	99,7	76,7	42.892,9	97,8	14,1	40,5	39,6	0,0
	PROTEC	0,8	0,9	0,0	216,0	0,8	10,8	727,7	0,3	36,5	987,1	2,2	49,5	61,7	60,4	3,1
AAPI	NO	.	0,0	0,0	839,7	97,7	40,1	692,9	99,9	33,1	562,6	96,1	26,9	.	0,0	0,0
	PROTEC	.	0,0	0,0	19,8	2,3	45,8	0,8	0,1	2,0	22,6	3,9	52,3	.	0,0	0,0
ANEI	NO	52,8	6,6	0,1	838,2	54,2	1,2	16.590,1	48,6	23,4	53.466,6	42,9	75,3	28,9	1,1	0,0
	PROTEC	750,4	93,4	0,8	708,8	45,8	0,8	17.526,7	51,4	18,9	71.263,0	57,1	76,7	2.680,3	98,9	2,9
ARIP	NO	.	0,0	0,0	736,4	95,2	3,0	16.551,6	89,6	67,2	7.346,0	81,7	29,8	6,0	99,7	0,0
	PROTEC	.	0,0	0,0	37,1	4,8	1,0	1.929,3	10,4	53,5	1.642,8	18,3	45,5	0,0	0,3	0,0

Tabla 9.6. Usos / Ley Espacios Naturales / Red Natura 2000

La Directiva 92/43/CE del Consejo Europeo relativa a la conservación de hábitats naturales y de la flora y fauna silvestre desarrolla la red ecológica europea ‘Red Natura 2000’. Dentro de la red se integran zonas de especial protección por las aves (ZEPA), zonas de especial conservación (ZEC) y lugares de interés comunitario (LIC). En la actualidad el 41% de las zonas forestales está protegido como LIC o ZEPA , el 7% de las zonas agrícolas y el 97% de las zonas húmedas. El 94,2% de las zonas protegidas por la Red Natura son ANEIs, el 3,7% son ARIP y un 2,1 % se mantienen sin protección. Esto supone que el 56,7% de los ANEIs están también protegidos por la norma Europea.

Fragmentación del territorio por la red viaria

Las infraestructuras viarias provocan graves efectos negativos sobre el paisaje (ESPAÑOL, 1998). Algunos de estos efectos son directos derivados de la propia implantación de la infraestructura sobre el territorio, pero también hay muchos otros derivados de la utilización de las vías a la fase de funcionamiento, etc. En este sentido la fragmentación del territorio es uno de sus efectos directos con importante incidencia en la estructura del paisaje. Las carreteras actúan como barreras para la fauna, cortan los ecosistemas y hacen perder la naturalidad en los territorios. Los espacios fragmentados por la red a partir de un determinado tamaño quedan como áreas residuales a los cuales se dificil el desarrollo de vida silvestre y usos agrícolas. De hecho, fragmentación en la mayoría de casos es sinónimo de presión antrópica.

Baleares cuentan con una red viaria extensa formada por autopistas, carreteras comarcales y locales que fragmentan el territorio en sectores de varios tamaños. Las zonas urbanas se encuentran fuertemente fragmentadas el 58,7% son zonas comprendidas con sectores entre 1 y 100 Hectáreas y el 13,7% en sectores de 100 a 200 hectáreas. De hecho se generan un total de 20.174 parcelas urbanas y la media de tamaño de los sectores es de 9 Hectáreas. Mallorca presenta la máxima fragmentación de las zonas urbanas con un 63,1% de las zonas urbanas a sectores entre 1 y 100 H.. En Menorca e Ibiza, esta cifra llega al 47 y 48% respectivamente y Formentera con un 34%.

El 39,7 % de las zonas agrícolas se encuentra en sectores menores a las 500 Hectáreas. La superficie promedio de los sectores agrícolas es de 64,9 Hectáreas y hay un total de 10.116 sectores. Las áreas agrícolas de Menorca son las menos fragmentadas, puesto que 77,1% son sectores mayores de 500 Hectáreas. Ibiza es la que presenta mayor fragmentación con el 54,8% de las zonas agrícolas menores a 500 H.

		Grandària parcel·la					
		< 1 H	1 - 100 H.	100 - 500	500 - 1000	1000 - 2000	+2000
	H.		2,5	0,1	0,2	0,6	18,4
	%F	0,0	11,3	0,4	0,9	2,6	84,7
	%C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Superfícies Aigua	H.	2,1	84,6	16,5	377,1		414,3
	%F	0,2	9,5	1,8	42,2	0,0	46,3
	%C	0,0	0,1	0,0	0,5	0,0	0,2
Superfícies artificials	H.	2.525,8	18.175,9	4.237,2	2.909,6	1.384,8	1.756,4
	%F	8,2	58,7	13,7	9,4	4,5	5,7
	%C	20,6	26,6	4,4	4,1	1,8	1,0
Zones Agrícoles	H.	774,3	42.827,3	70.183,3	45.458,3	45.158,9	82.532,7
	%F	0,3	14,9	24,5	15,8	15,7	28,8
	%C	6,3	62,8	73,4	63,5	57,5	47,9
Zones forestals	H.	8.909,8	6.972,3	20.410,2	22.469,7	30.692,3	87.668,2
	%F	5,0	3,9	11,5	12,7	17,3	49,5
	%C	72,7	10,2	21,3	31,4	39,1	50,8
Zones humides	H.	44,5	184,6	771,3	388,3	1.348,0	80,7
	%F	1,6	6,6	27,4	13,8	47,8	2,9

Tabla 9.7. Fragmentación Territorial

Las zonas forestales son las menos fragmentadas. El 49,5 % son zonas forestales en sectores de 1.000 a 2.000 Hectáreas. Y el 79,5% sueño sectores superiores a las 500 Hectáreas. La superficie promedio de los sectores forestales es de 65 Hectáreas y hay un total de 4.548

sectores forestales. Los espacios forestales de Mallorca son los menos fragmentados. El 84,6% de sus bosques se encuentran a sectores de más de 500 Hectáreas..

En general, hay una relación directa entre el grado de fragmentación territorial y la densidad de la red viaria (0,76 coeficiente Pearson). Las zonas con mayor densidad de red viaria tienen una mayor fragmentación territorial.

Se evidencia que el territorio Balear se encuentra fuertemente fragmentado por la red viaria; que los usos urbanos son los que sufren mayor fragmentación territorial, seguidos por los agrícolas y finalmente por los forestales.

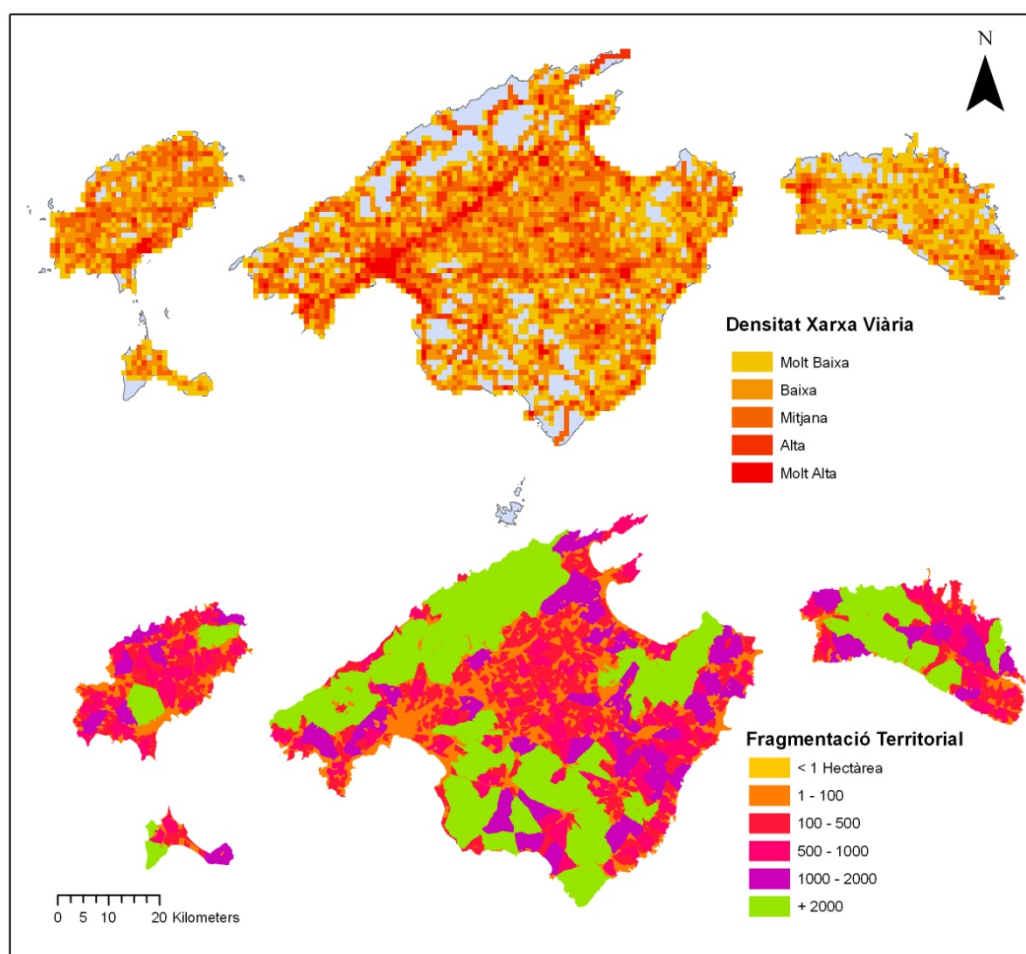


Figura 9.4. Fragmentación / Densidad Red viaria

La actividad turística ha tenido y tiene un papel clave en la fragmentación de los espacios. La necesidad de proporcionar acceso en las áreas costeras ha condicionado la construcción de nuevas carreteras, así como la mejora y ampliación de las redes de transporte de la isla.

Evolución de los usos del suelo

La evolución de los usos del suelo al decenio 1990-2000 muestran un crecimiento de las superficies artificiales en un total de 30.957 Hectáreas, lo cual supone un aumento del 141,27%. Este crecimiento se debe de a una pérdida de zonas agrícolas (2,2%) y forestales (1,4%). Las zonas agrícolas se han mantenido en un 97,6% pasando 477,7 hectáreas a superficie forestal y el 2,2% en zonas urbanizadas. Las zonas forestales han perdido 1,7% en su mayoría transformados en superficies artificiales (1,4%) y el resto en zonas agrícolas.

	ocupaci o del sol 1990	Superfici es agua			Superfici es Artificiales			Zones Agricol es			Zones Forestal s			Zones Humid es		
		H.	F%	C%	H.	F%	C%	H.	F%	C%	H.	F%	C%	H.	F%	C%
BALEARS	Superfici es agua	881,9	100, 0	98,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Superfici es artificiales	0,0	0,0	0,0	21.846,3	99,7	70,6	66,6	0,3	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Zonas agrícolas	12,7	0,0	1,4	6.578,1	2,2	21,2	285.998, 5	97,6	99,7	477,7	0,2	0,3	7,7	0,0	0,3
	Zonas forestales	0,0	0,0	0,0	2.533,6	1,4	8,2	869,3	0,5	0,3	176.643, 5	98,1	99,7	0,0	0,0	0,0
	Zones Humides	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2.809,7	100, 0	99,7
MALLORCA	Superfici es agua	407,0	100, 0	97,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Superfici es artificiales	0,0	0,0	0,0	15.495,5	99,6	70,3	66,4	0,4	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Zonas agrícolas	12,7	0,0	3,0	5.066,5	2,3	23,0	213.480, 5	97,6	99,6	156,4	0,1	0,1	7,7	0,0	0,4
	Zonas forestales	0,0	0,0	0,0	1.494,6	1,2	6,8	807,8	0,6	0,4	123.272, 4	98,2	99,9	0,0	0,0	0,0
	Zones Humides	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2.132,6	100, 0	99,6
MENORCA	Superfici es agua	114,6	100, 0	100, 0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Superfici es artificiales	0,0	0,0	0,0	3.398,2	100, 0	78,2	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Zonas agrícolas	0,0	0,0	0,0	608,5	1,5	14,0	39.739,1	97,7	99,9	312,0	0,8	1,2	0,0	0,0	0,0
	Zonas forestales	0,0	0,0	0,0	336,2	1,3	7,7	48,7	0,2	0,1	24.776, 4	98,5	98,8	0,0	0,0	0,0
	Zones Humides	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	106,1	100, 0	100, 0
EIVISSA	Superfici es agua	0,0	0,0	0,0	2.755,6	100, 0	65,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Superfici es artificiales	0,0	0,0	0,0	875,1	3,0	20,7	28.530,2	97,0	100, 0	9,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Zonas agrícolas	0,0	0,0	0,0	604,1	2,5	14,3	12,8	0,1	0,0	23.963, 0	97,5	100, 0	0,0	0,0	0,0
	Zonas forestales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	496,1	100, 0	100, 0
FORMENTE RA	Superfici es agua	360,3	100, 0	100, 0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Superfici es artificiales	0,0	0,0	0,0	192,4	100, 0	60,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Zonas agrícolas	0,0	0,0	0,0	27,9	0,7	8,8	4.175,2	99,3	100, 0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Zonas forestales	0,0	0,0	0,0	98,6	2,8	30,9	0,1	0,0	0,0	3.393,9	97,2	100, 0	0,0	0,0	0,0
	Zones Humides	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	75,0	100, 0	100, 0
CABRERA	Superfici es Artificiale s	0,0	0,0	0,0	4,6	100, 0	100, 0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Zonas Agrícola s	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	73,5	100, 0	100, 0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Zonas Forestale s	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.237,7	100, 0	100, 0	0,0	0,0	0,0

Tabla 9.8. Evolución Usos del suelo

Fuente: Elaboración propia a partir Corine Land Cover 2000.

Tal y cómo señala PONS ESTEVA (2003), el decenio de los 90' no supuso un aumento tan espectacular de las zonas urbanizadas, como las décadas anteriores (pe. Usos urbanos año 1956: 5.655 hectáreas, año 1973: 11.950, año 1995: 23.649 Hectáreas). En cualquier caso, y sin datos actualizados al 2008, la tendencia ha sido de crecimiento exponencial.

Ibiza es la isla que ha sufrido mayor transformación de zonas agrícolas en urbanas en 875 Hectáreas, lo cual supone un crecimiento del 3%. La sigue Mallorca con un 2,3%, Menorca 1,5, Formentera con un 0,7%.

El mosaico agrícola/natural es todavía el paisaje dominante en las islas. Este escenario se ha mantenido en equilibrio a lo largo de los últimos siglos y ha proporcionado identidad al paisaje balear. En la actualidad los usos urbanos menguan progresivamente la superficie y fragmentan estas ocupaciones tradicionales así como también van rompiendo la estabilidad de los ecosistemas y de los paisajes isleños. El valor turístico del paisaje balear se sustenta en el mantenimiento de los usos y el carácter tradicional del territorio, hecho que entra en contradicción con el incremento de la artificialización de los espacios. El umbral a partir del cual los usos urbanos entran en conflicto con los otros usos y hacen peligrar el modelo territorial se ha superado desde el punto de vista objetivo.

Condiciones de visibilidad

La topografía, la vegetación y las actuaciones humanas junto con las condiciones climáticas son los principales factores que condicionan la visibilidad del territorio. En función de los criterios topográficos las Baleares tienen una configuración diferente en cuanto a visibilidad para cada una de las islas. En general, las islas con mayor importancia topográfica, Mallorca e Ibiza tienen áreas con valores máximos de visibilidad provocado por el efecto de las montañas. En Mallorca, las cumbres de las montañas y sus acantilados son las zonas más visibles especialmente en la Serra de Tramuntana y Serras de Llevant. Los valles y vertientes de las montañas en cambio tienen, en cambio menor alcance visual y se encuentran más escondidas que otros territorios. Menorca, como isla plana más es más homogénea en cuanto a visibilidad, y sus valores son bajos y constantes.

En cuanto a usos del suelo, las zonas forestales son las más visibles de hecho 69% de las zonas de máxima visibilidad son zonas forestales, seguidas de áreas agrícolas y urbanas. Las zonas de menor visibilidad tienen una distribución homogénea forestal/agrícola. Las zonas urbanizadas no son especialmente visibles, se encuentran en su mayoría a valores bajos 28% y medios 44%.

		NIVELL DE VISIBILITAT				
		1	2	3	4	5
Superficies Aigua	H.	400,00	215,00	39,00	214,00	2,00
	%F	45,98	24,71	4,48	24,60	0,23
	%C	0,22	0,11	0,07	0,92	0,01
	%T	0,09	0,05	0,01	0,05	0,00
Superficies Aigua	H.	8.613,00	13.684,00	6.263,00	1.320,00	619,00
	%F	28,24	44,87	20,54	4,33	2,03
	%C	4,80	7,03	11,13	5,66	4,25
	%T	1,84	2,92	1,34	0,28	0,13
Zones Agrícolas	H.	92.639,00	122.707,00	31.765,00	10.678,00	3.876,00
	%F	35,40	46,89	12,14	4,08	1,48

	%C	51,67	63,01	56,46	45,75	26,64
	%T	19,79	26,21	6,78	2,28	0,83
Zones Forestals	H.	77.464,00	56.595,00	17.182,00	11.073,00	10.054,00
	%F	44,94	32,83	9,97	6,42	5,83
	%C	43,20	29,06	30,54	47,44	69,09
	%T	16,55	12,09	3,67	2,37	2,15
Zones Humides	H.	185,00	1.541,00	1.010,00	56,00	0,00
	%F	6,63	55,19	36,17	2,01	0,00
	%C	0,10	0,79	1,80	0,24	0,00
	%T	0,04	0,33	0,22	0,01	0,00

Tabla 9.9. Usos del suelo / Intervisibilidad

Para evaluar las zonas más susceptibles a ser observadas por parte de la población podemos analizar la visibilidad desde núcleos de población, las carreteras o la mar. Esto nos dará una medida de la fragilidad territorial frente a posibles actuaciones.

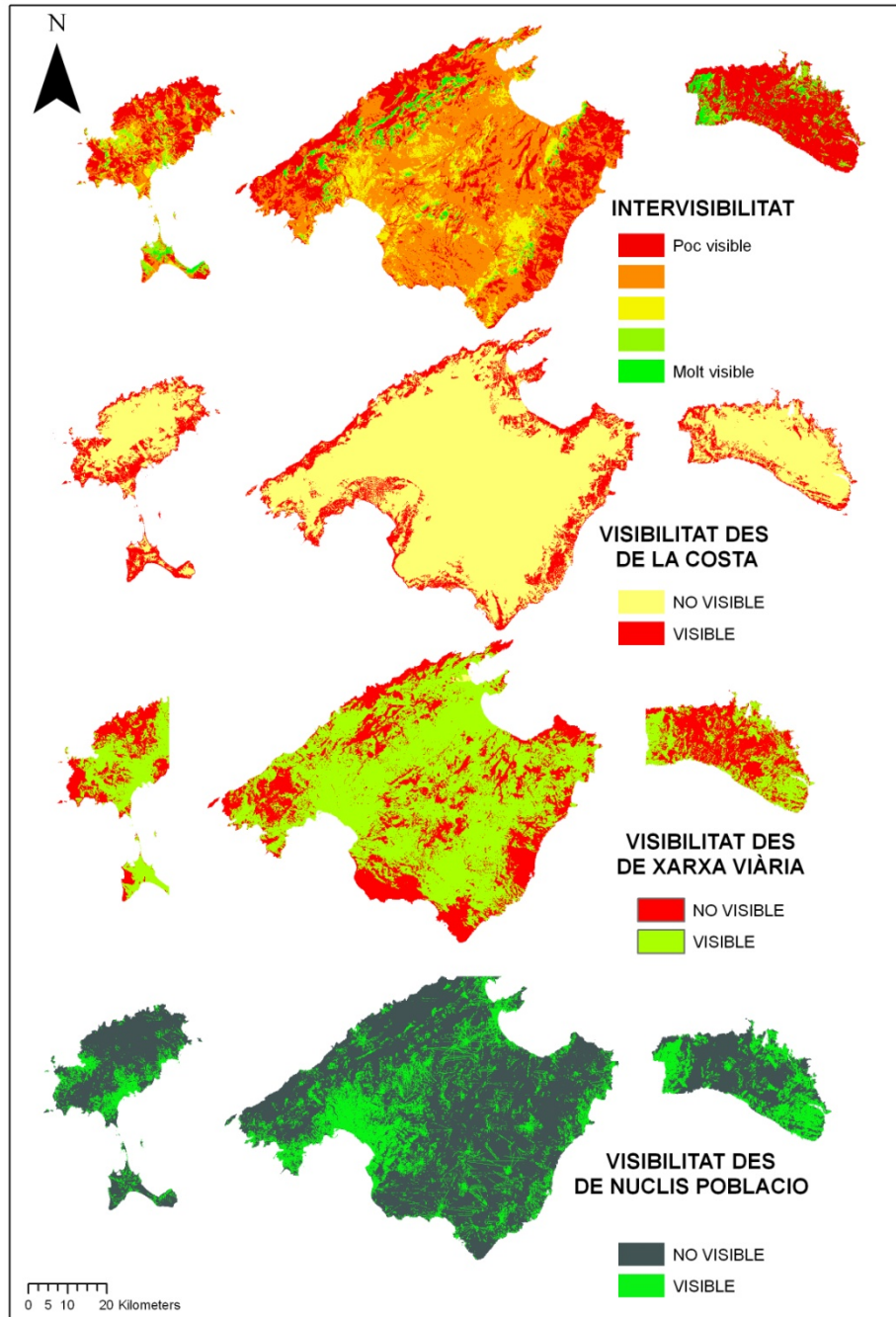


Figura 9.5. Condiciones de visibilidad

En general la isla de Menorca es la que presenta menos susceptibilidad visual, puesto que tiene menor densidad de red viaria y núcleos de población que las otras islas mayores y su territorio queda más preservado. Mallorca es bastante susceptible visualmente, la mayoría de zonas agrícolas y las zonas de montaña (Serra de Tramuntana y Serras de Llevant) están expuestas a las zonas pobladas. Se preservan visualmente los grandes valles de la Sierra de Tramuntana, áreas de sa Marina de Lluçmajor y zona costa de Manacor. La topografía de Ibiza minimiza en gran parte la susceptibilidad visual de su territorio. Las zonas más visibles son zonas agrícolas junto a núcleos de población.

Métricas del paisaje Balear

La ecología del paisaje proporciona un conjunto de indicadores de la estructura territorial del paisaje basado en el modelo de manchas de varias ocupaciones del suelo (tamaño , formas, relaciones, etc.). Los indicadores sirven para caracterizar un paisaje, pero también para diagnosticar su calidad en términos diversidad y equilibrio de formas , texturas y funcionalidad ecológica. (FORMAN, R. Et. al. 1986; BELLO, 1992; HARINA, 1998)

Uno de los indicadores de relevancia es el número de manchas (Number of Patches). En base a la cartografía de ocupación del suelo Corine Land Cover del año 2000, Baleares cuenta con un total de 1.158 manchas (aguas superficiales, zonas artificiales, zonas agrícolas, zonas urbanas y zonas húmedas) y la superficie promedio de las manchas es de 430 Hectáreas. Mallorca, tiene un total de 665 manchas de una superficie promedio de 544 Hectáreas. Ibiza, tiene 256 manchas de un tamaño promedio de 223 Hectáreas, Menorca 189 manchas de un tamaño promedio de 365 Hectáreas. La desviación estándar del tamaño de las manchas nos informa de su variabilidad. La desviación por Baleares es de 6.253 Hectáreas, hecho que prueba la existencia de gran diversidad de espacios. Mallorca es la isla con mayor variabilidad (8.028 H.) seguida por Menorca (2.863 H.), Ibiza (1.786) y Formentera (535 H.). El modelo de distribución de manchas evidencia la existencia de una gran variedad de espacios, zonas con un modelo de mosaico con varios usos del suelo y pequeñas parcelas, y otras áreas más homogéneas cuando a uso y de mayor anchura. Ibiza presenta un modelo más fragmentado con mayor número de manchas y donde las piezas del mosaico son también más pequeñas.

Otro indicador importante es el perímetro de las manchas en relación con su área (Complejidad de las formas MSI – Mean Shape Index). A mayor complejidad mayor alejamiento de las formas de circunferencia o rectangulares. Menorca es la isla con las formas más irregulares, seguido por Mallorca, mientras Ibiza y Formentera que tienen el mismo valor.

El índice de diversidad de Shannon nos mide la diversidad relativa de las manchas en número y formas. Si el índice tiene valor de cero, sería equivalente a quien hubiera únicamente una mancha. Si valoramos conjuntamente los usos urbanos con los naturales y agrícolas Formentera es la isla que presenta mayor diversidad (1,02), seguido por Ibiza (0,94), Mallorca (0,89) y Menorca (0,88). Pero si no consideramos los usos urbanos, se a decir valoramos los paisajes naturales, Menorca es la isla con mayor diversidad (1,53), seguido por Mallorca (1,51), Formentera (1,49) y finalmente Ibiza (1,40).

CODI_ILLA	CLASS	TLA	NUMP	MPS	PSCOV	PSSD	TE	ED	MSI	SDI
Mallorca	ILLA	362017,00	665,00	544,39	1474,73	8028,22	6205300,00	17,14	2,02	0,89
Mallorca	Agrícola	362017,00	95,00	2256,43	896,97	20239,52	5131200,00	14,17	2,28	0,00
Mallorca	Forestal	362017,00	279,00	441,30	808,73	3568,92	4939800,00	13,65	2,29	0,00
Mallorca	Urbana	362017,00	276,00	79,59	510,03	405,95	1584800,00	4,38	1,68	0,00
Mallorca	Aigües Sup.	362017,00	11,00	38,36	154,54	59,29	32800,00	0,09	1,37	0,00
Mallorca	Zones Húmedes	362017,00	4,00	535,75	136,04	728,81	56600,00	0,16	1,71	0,00
Menorca	ILLA	69049,00	189,00	365,34	783,89	2863,86	1809700,00	26,21	2,03	0,88
Menorca	Agrícola	69049,00	34,00	1170,26	554,71	6491,62	1410200,00	20,42	2,19	0,00
Menorca	Forestal	69049,00	75,00	331,29	324,96	1076,56	1510200,00	21,87	2,38	0,00
Menorca	Urbana	69049,00	77,00	54,64	159,12	86,94	358400,00	5,19	1,64	0,00
Menorca	Aigües Sup.	69049,00	2,00	56,50	39,82	22,50	10000,00	0,14	1,63	0,00
Menorca	Zones Húmedes	69049,00	1,00	93,00	0,00	0,00	8600,00	0,12	2,23	0,00
Eivissa	ILLA	57152,00	256,00	223,25	800,09	1786,20	1631400,00	28,54	1,83	0,94
Eivissa	Agrícola	57152,00	41,00	696,39	587,79	4093,29	1207800,00	21,13	2,13	0,00
Eivissa	Forestal	57152,00	76,00	314,36	389,29	1223,75	1278800,00	22,38	2,11	0,00
Eivissa	Urbana	57152,00	137,00	30,74	281,46	86,53	480400,00	8,41	1,59	0,00
Eivissa	Zones Húmedes	57152,00	2,00	248,50	85,92	213,50	19800,00	0,35	1,70	0,00
Formentera	ILLA	8239,00	48,00	171,65	311,72	535,05	277000,00	33,62	1,83	1,02
Formentera	Agrícola	8239,00	4,00	1040,75	129,70	1349,87	147200,00	17,87	2,69	0,00
Formentera	Forestal	8239,00	19,00	175,11	219,45	384,28	230000,00	27,92	2,14	0,00
Formentera	Urbana	8239,00	22,00	14,27	147,47	21,05	47000,00	5,70	1,43	0,00
Formentera	Aigües Sup.	8239,00	1,00	359,00	0,00	0,00	12000,00	1,46	1,58	0,00
Formentera	Zones Húmedes	8239,00	2,00	38,00	28,95	11,00	8000,00	0,97	1,59	0,00
Cabrera	ILLA	1244,00	10,00	124,40	241,97	301,01	60000,00	48,23	1,63	0,23
Cabrera	Agrícola	1244,00	1,00	72,00	0,00	0,00	11000,00	8,84	3,24	0,00
Cabrera	Forestal	1244,00	8,00	146,25	227,36	332,51	59000,00	47,43	1,45	0,00
Cabrera	Urbana	1244,00	1,00	2,00	0,00	0,00	800,00	0,64	1,41	0,00

Tabla 9.10. Distribución Indicadores paisaje para las islas Baleares por tipos de usos.

Un análisis más detallado del modelo de distribución muestra que los sectores usos urbanos son los que presentan un menor tamaño. El número de manchas urbanas en Baleares es de 5.003 con una superficie promig de 61 Hectáreas.

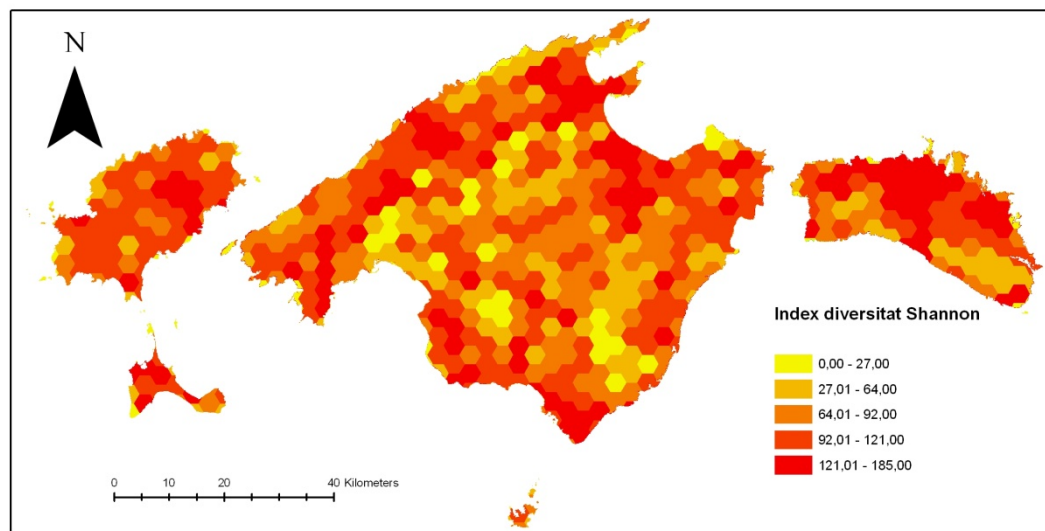


Figura 9.6. Diversidad Paisaje Baleares áreas naturales y agrícolas

La diversidad de paisajes naturales y agrícolas de Baleares (Mapa 4) refleja unos valores muy elevados de diversidad de estructuras y formas. En Mallorca destaca especialmente la Serra de Tramuntana, la cuenca del torrente de na Borges y la zona costa de ses Salines. Menorca en general unos valores muy elevados, aunque la zona Norte es la más singular. Ibiza y Formentera también comparten valores elevados y resaltan las zonas húmedas y los pequeños valles.

Desde el punto de vista de planificación de actividad turística los indicadores de la ecología del paisaje proporcionan información sobre el modelo territorial existente y aportan información sobre la calidad y fragilidad de los paisajes. Su zonificación permite priorizar la protección de determinadas áreas o identificar las pautas a desarrollado por su mantenimiento. El control de estos indicadores resulta necesario para garantizar la calidad y equilibrio de su paisaje. La interpretación de estos indicadores aconseja la necesidad de minimizar los usos artificiales sobre las zonas agrícolas y proponer actuaciones de conectividad entre los espacios naturales. En este sentido, se considera necesario el diseño de una red de corredores ecológicos que proporcionarían mayor resiliencia al paisaje balear frente a los usos urbanos y contribuirían decisivamente para su mantenimiento y mejora.

Paisajes singulares

Las componentes del paisaje que tienen una expresión cartográfica (topografía, vegetación, hidrología, etc) determinan que para una localización concreta exista una configuración paisajística específica basada en las categorías que toman cada una de sus componentes (pe. Zona A : Alturas > 500m, orientación Norte, pendientes > 20%, matorral, < 500 metros de la costa). habrá combinaciones que aparecerán con más o menos frecuencia, algunas serán únicas pero tendrá que otras que no se darán. Atendida la condición geográfica de archipiélago, las configuraciones paisajísticas frecuentes a una isla, pueden ser mucho escasas a otras. Esto provoca un efecto de revalorización generalizada de los paisajes comunes en función de su escasez y singularidad. Por ejemplo, un campo de cultivos de almendros que puede parecer común, puede ser único a nivel insular o a nivel Regional en función de la combinación del resto de componentes paisajísticas; por ejemplo para encontrarse en una zona de elevada pendiente y cerca de la mar y además de 500 metros de un núcleo de población.

La combinación de tres variables territoriales; ocupación del suelo (5 categorías), altitud (14 categorías) y distancia a la costa (10 categorías) generaría un total de 700 categorías potenciales (5x14x10). A pesar de esto, la combinación real se ve reducida. Por ejemplo, en Mallorca aparecen sólo un total de 296 combinaciones. Esto supone que en realidad los paisajes son endémicos territorialmente y también desde el punto de vista de configuración de sus componentes. Por lo tanto una determinada configuración paisajística puede ser prácticamente única a un emplazamiento (municipio, isla, archipiélago). Por ejemplo, en Mallorca la combinación Zona Agrícola, entre 100 y 200 metros y de 2.000 a 3000 metros de la costa es la categoría más común (5,6% de su territorio) y en cambio una zona agrícola entre 700 y 800 metros y a un área entre 1.500 y 2000 metros de la costa es extraordinariamente relictas.

Impactos paisajísticos y rehabilitación de espacios

La transformación del territorio balear ,motivada por una acelerada adaptación a una economía de servicios, ha conducido a una pérdida considerable de áreas agrícolas y naturales en beneficio del usos urbanos y a la existencia de fuertes agresiones estéticas e importantes desequilibrios a su paisaje (LLUIS SALAS et. al. 2001). La transición del paisaje agrario al

urbano y/o industrial a sido mucho rápida. Muchas actuaciones se han hecho sin ningún tipo de respeto por los recursos naturales y sin apreciar los valores tradicionales de los espacios.

El resultado es que los impactos paisajísticos son comunes en el territorio balear, especialmente en las áreas urbanizadas. Son muchos los ejemplos de pantallas visuales, desorden, degradación, distorsiones volumétricas, utilización materiales poco adaptados al entorno, colores agresivos, elevadas densidades, espacios periurbanos poco estructurados, mobiliario urbano degradado, etc.

Este tipo de impactos estéticos tienen efectos negativos sobre el turismo por la dejadez y apatía que transmiten. En este sentido es considera necesario que los núcleos turísticos desarrollen planes de armonización paisajística que quiten en lo posible las distorsiones paisajísticas y mejoran su estética general.

Paisajes en riesgo

Aparte del riesgo directo de destrucción y artificialización de paisajes debido a la urbanización, los peligros naturales y tecnológicos provocan riesgos importantes al paisaje de Baleares. Los más significativos son los incendios forestales, las inundaciones, los deslizamientos, la desertización y el derramamiento accidental de hidrocarburos.

Las causas de estos peligros no suelen tener relación directa con la actividad turística, a pesar de esto las consecuencias de estos riesgos si tienen gran trascendencia. La pérdida de ecosistemas naturales probada por los incendios forestales provoca la destrucción o una reducción en la calidad paisajística de los territorios afectados. Igualmente las consecuencias de los riesgos además de degradar el paisaje provocan alarma social que hace peligrar la vocación turística de las islas.

La desertización y el cambio climático son riesgos que tienen y tendrán consecuencias directas sobre el paisaje y que se traducirán en consecuencias sobre la actividad turística. El mantenimiento de los ecosistemas actuales, el reforzamiento del equilibrio agrícola-forestal y la reducción y racionalización de los usos urbanos son las principales claves para la lucha frente estos riesgos y el mantenimiento de los paisajes.

